

TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN

# Fakultät Informatik

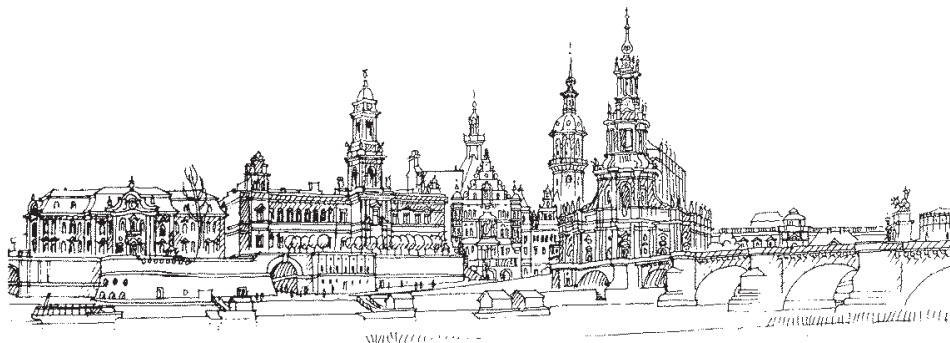
Technische Berichte  
Technical Reports  
ISSN 1430-211X

TUD-FI12-05-Mai 2012

**A. Gräning, S. Röttger (Ed.)**

Institut für Software- und Multimediatechnik

**Innovationsforum open4INNOVATION2012**  
**regional kooperativ-global innovativ**  
**Beiträge zum Fachforum**



Technische Universität Dresden  
Fakultät Informatik  
D-01062 Dresden  
Germany  
URL: <http://www.inf.tu-dresden.de/>



## **Innovationsforums open4INNOVATION2012**

-

### **Beiträge des Fachforums**

Die Zukunft liegt bereits heute schon im Internet der Dinge, Daten, Dienste und Personen. Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) beeinflussen vermehrt die alltäglichen Abläufe, übernehmen im Ernstfall lebenserhaltende Körperfunktionen, unterstützen Arbeits- und Produktionsprozesse und halten Einzug in unsere Wohnbereiche. Dabei rückt der Gedanke einer anwendungsnahen und integrierten Sicht von Software zunehmend in den Vordergrund und verlangt deshalb interdisziplinäre Ansätze. Eine frühzeitige technische Abstimmung zwischen Soft- und Hardware sowie unterschiedlichen technischen Öko-Systemen wird dabei notwendiger und fordert Politik, Wissenschaft und Wirtschaft in gleichem Maße.

Das Innovationsforum open4INNOVATION2012 am 9.Mai bot dazu Praktikern und Akademikern eine Plattform für den interdisziplinären und fachbereichsübergreifenden Austausch zu neuen und anwendungsnahen IKT-Ansätzen. Unter dem Motto regional kooperativ, global innovativ galt es dabei regional politische, wirtschaftliche und wissenschaftliche Kompetenzen zu bündeln, um globale Märkte erfolgreich zu bestreiten.

In dem vorliegenden Tagungsband finden Sie die Beiträge des Fachforums, welches ein Hauptformat der Veranstaltung darstellte. Zusätzlich kam es auf dem Innovationsforum open4INNOVATION2012 erstmals zur aktiven Vernetzung sächsischer Forschergruppen, deren wissenschaftlicher Schwerpunkt die Robotik ist. Auf diesem ersten sächsischen Robotertreffen stand vor allem die Arbeit mit humanoiden Robotern im Mittelpunkt.

Die Veranstaltung wurde von der TUDIAS GmbH durchgeführt und in Kooperation mit dem Projekt open4INNOVATION organisiert und durch die Fakultäten Informatik und Wirtschaftswissenschaften der Technischen Universität Dresden (TU Dresden), der Fakultät Informatik / Mathematik der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTW Dresden), dresden|exists sowie dem Branchenverband Silicon Saxony e.V. unterstützt.

### **Fachkomitee**

Prof. Uwe Aßmann, TU Dresden

Prof. Rainer Groh, TU Dresden

Prof. Susanne Strahringer, TU Dresden

Prof. Markus Wacker, HTW Dresden

Prof. Klaus Kabitzsch, TU Dresden

Prof. Frank Schönefeld, T-Systems Multimedia Solutions GmbH

Dr. Simone Röttger, TU Dresden

André Gräning, TU Dresden

### **Organisationskomitee**

Christiane Wagner, TU Dresden

Erik Zimmermann, HTW Dresden

Maria Tschierske, TU Dresden

Wir danken allen Beteiligten und Helfern!



**TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN**



## Inhaltsverzeichnis

Langfristige Qualitätssicherung für Cyber-Physical Systems <i>Jendrik Johannes, Mirko Seifert und Christian Wende</i>	5
Energiemanagement in der Industrie <i>Volker Sonntag</i>	10
Ein Konzept zum Social Media Monitoring gestützten IT-Service- Management <i>Linda Anlauf, Dirk Reichelt, Ralph Sonntag, Thomas Wenkl</i>	15
Die virtuelle Darstellung von Living Labs am Fallbeispiel der Future Factory Initiative <i>Sabine Patsch, Iwona Jirschitzka</i>	20
Energiestrombasierte Simulation neuartiger Pkw-Triebstrang- konfigurationen <i>Matthias Seidl, Per Lewerenz</i>	22
Modular sicherheitszertifizierte Anwendungen für cyber- physikalische Systeme <i>Christoph Seidl</i>	27
Interaktive 3D-Messepräsentation zur inter airport Europe <i>R. Stelzer, W. Steger, E. Steindecker</i>	32
ISO 26262 –A Work Product oriented View <i>Bernhard Hohlfeld</i>	35
Ein interaktives Visualisierungswerkzeug für das Technologie- Daten-Management produktionstechnischer Systeme <i>Sandra Olbrich, Jens Krzywinski</i>	40
Datengetriebene Entwicklung technologisch-statistischer Modelle <i>Gunnar Dietz, Martin Jührisch</i>	45
Auf dem Weg zu autonomer, unantizipierter und dynamischer Adaption mit Smart Application Grids <i>Christian Piechnick</i>	50

Modeling Human Movements by Self-Organizing Maps <i>Mathias Klingner, Frank Bahrmann, Peter Poschmann, Kay Jugel, Mathias Rudolph, Hans-Joachim Böhme</i>	55
Ausführbare HMI-Spezifikationen mit Adobe Flash und Statecharts <i>Axel Terfloth, Lars Martin</i>	59
Testmodellierung für mobile Anwendungen <i>Georg Püschel</i>	65
Energieverbrauchsermittlung von Android-Applikationen <i>Claas Wilke</i>	70
Streaming Real-Time Stock Market Data to Web Browsers <i>Uwe Jugel, Thomas Heinze</i>	75
Innovationspotenzial validieren: Anwendungsgebiete für die 3D- Plattform Bildsprache LiveLab <i>Dietrich Kammer, Romy Müller, Jan Wojdziak, Martin Zavesky, Pascal Weyprecht, Frank Schönefeld, Rainer Groh</i>	80

## Langfristige Qualitätssicherung für Cyber-Physical Systems

Jendrik Johannes, Mirko Seifert und Christian Wende

DevBoost GmbH  
Rungestr. 22-24  
10179 Berlin  
vorname.nachname@devboost.de

**Abstract:** In den nächsten Jahren wird die Einbettung von Softwaresystemen in unsere physikalische Umgebung und damit die Interaktion zwischen Menschen und Maschinen, sowie zwischen Maschinen untereinander signifikant zunehmen. Szenarien, die heute mit den Stichworten Car-to-Car oder Car-to-X gekennzeichnet sind, werden auf beliebige Geräte übertragen werden. Virtuelle Umgebungen werden zunehmend mit der realen Welt verschmelzen. Die Entwicklung solcher Cyber-physikalischen Systeme (Cyber-Physical Systems - CPS) stellt neue Anforderungen an Softwareentwicklungsprozesse.

Im vorliegenden Artikel werden diese neuen Herausforderungen, die CPS an die Softwareentwicklung stellen, diskutiert. Im besonderen Fokus steht die Frage welche neuen Aufgaben sich bei der Qualitätssicherung von Software ergeben und wie diesen softwaretechnologisch begegnet werden kann indem verschiedene Lösungsskizzen präsentiert werden.

### 1 Einleitung

Der Begriff Softwarequalität beschreibt ein breites Feld von Anforderungen und Maßnahmen die bei der Entwicklung von Softwaresystemen entstehen, bzw. ergriffen werden müssen, um die Erbringung gewünschter Funktionen für Nutzer sicher zu stellen. Neben funktionalen Prüfungen, die sicherstellen, dass die Ausgaben eines Systems korrekt sind, müssen auch nichtfunktionale Eigenschaften geprüft werden. Die Fragen, ob ein System schnell genug antwortet, einfach und intuitiv bedienbar oder auch langfristig wartbar ist, sind dabei genauso wichtig wie die Korrektheit von Berechnungsergebnissen.

Setzt sich die Verbreitung von Softwaresystemen in unserem Alltag weiterhin so wie in den letzten Jahren fort, so ist damit zu rechnen, dass die Absicherung von Softwarequalität entscheidend an Bedeutung zunehmen wird. Sobald Software Menschen substantiell im täglichen Leben unterstützt oder diese gar von der korrekten Funktion solcher Systeme abhängen, wird die Absicherung gegen Fehlfunktionen oberstes Ziel jedes Entwicklungsprozesses. Ohne verlässliche Zusagen seitens der Softwareentwickler wird die Verbreitung von Cyber-Physical Systems (CPS) entweder stark entschleunigt werden oder mit großen Gefahren verbunden sein. Aus softwaretechnologischer Sicht stellt sich demnach die Frage, wie ein entsprechend hoher Grad der Qualitätssicherung erreicht werden kann. Dabei müssen existierende Methoden und Prozesse, aber auch Technologien überdacht werden.

Um sich einer Beantwortung dieser Frage zu nähern, werden im nächsten Abschnitt neue Herausforderungen, die CPS an Softwarequalitätssicherung stellen, erläutert. Dabei wird insbesondere darauf eingegangen warum diese Herausforderungen neu sind und weshalb sie im Kontext von CPS eine entscheidende Rolle spielen. Danach werden im Abschnitt 3 konkrete Ideen skizziert wie den neuen Anforderungen technologisch unter Einsatz der Entwicklungswerkzeuge EMFTText [Dev12a] und JaMoPP [Dev12b] begegnet werden kann. Abschnitt 3 ist dabei parallel zu Abschnitt 2 aufgebaut.

## 2 Neue Herausforderungen an Softwarequalitätssicherung

**Verträge Spezifizieren** Interagieren Softwaresysteme miteinander, so müssen die Schnittstellen zwischen den Systemen genau spezifiziert sein. Insbesondere die Funktionen, die von einer Schnittstelle angeboten und benötigt werden, müssen klar definiert sein. Heute findet diese Spezifikation hauptsächlich auf syntaktischer Ebene statt, d.h. es wird definiert wie die Daten, die eine Schnittstelle entgegennimmt, strukturiert sein müssen (Stichworte IDL, RPC, XML, XSD, SOAP). Im Kontext von CPS muss dem Entwurf und der Benutzung von Schnittstellen neue Beachtung geschenkt werden. Zum Einen muss die syntaktische und funktionale Beschreibung von Schnittstellen um nichtfunktionale Eigenschaften erweitert werden. Die Fragen, wie oft eine Schnittstelle aufgerufen werden darf oder wie lange das dahinterliegende System maximal für eine Antwort benötigt, werden hier wichtig. Sind einzelne Systeme auf die Funktion anderer angewiesen, wie es im Kontext von CPS fast immer der Fall sein wird, muss sichergestellt werden, dass verlässliche Zusagen gemacht und eingehalten werden.

**Verträge Prüfen** Zum anderen müssen die Verträge, die sich aus der Spezifikation einer Schnittstelle ergeben, sowohl zur Entwicklungszeit als auch zur Laufzeit der Systeme überprüft werden. Zur Entwicklungszeit ist es wichtig zu prüfen, ob die Implementierung eines Systems überhaupt in der Lage ist zugesagte Leistungen zu erbringen. Zur Laufzeit von CPS muss die Einhaltung von Verträgen geprüft werden, z.B. um die Funktion eines abhängigen Systems zu gewährleisten, aber auch um einen juristischen Nachweis zu erbringen, sollte ein System zugesicherte Funktionalität nicht erbringen. Das unvorhersehbare Zusammenspiel von vielen CPS hebt die Notwendigkeit solcher Vertragsprüfungen auf eine neue Ebene. Nur wenn CPS zugleich flexibel und sicher miteinander kommunizieren und so interagieren können, kann die Vernetzung unserer Softwaresysteme weiter ausgebaut werden.

**Langlebigkeit** CPS werden in unsere Umwelt eingebracht und verbleiben dort potentiell über lange Zeiträume. Die Verwendung von Software im öffentlichen Raum, in Verkehrsmitteln, in Gebäuden oder in Alltagsgegenständen wird dazu führen, dass die durchschnittliche Lebensdauer solcher Systeme wächst. Software wird länger im produktiven Einsatz bleiben als bisher und vor allem nicht abgeschaltet werden können solange sie wichtige Funktionen bereit stellt. Dadurch ergeben sich Langlebigkeitsanforderungen an eine breitere Masse von Systemen, wie sie bisher nur im Umfeld der Avionik existieren. Software muss über Jahrzehnte hinweg verfügbar und wartbar sein. Unausweichliche Technologiewechsel, die während solcher Perioden stattfinden, müssen möglich sein ohne existierende



Funktionen zu beeinträchtigen. Die Modernisierung von Software wird zu einer permanenten Hauptaufgabe in der Softwareentwicklung werden. Der „Software Developer“ wird sich zu einem großen Teil zum „Software Maintainer“ wandeln.

**Nachvollziehbarkeit** Die Konstruktion von CPS wird besonderen juristischen und rechtlichen Auflagen unterliegen. Themen wie die Zertifizierung von Softwaresystemen und Prozessen werden stärker in den Vordergrund rücken. Genau wie dies heute bereits der Fall ist, muss dabei die Nachvollziehbarkeit der Entwicklung sichergestellt werden. Die Verknüpfungen zwischen Anforderungen und Implementierung, zwischen Tests und auslieferbaren Komponenten, sowie zwischen Änderungen und den daraus resultierenden Implikationen müssen erfasst und langfristig verfügbar gemacht werden. Ohne Nachweise aus denen hervor geht warum und von wem etwas an einem System geändert oder initial implementiert wurde, kann keine fortlaufende Zertifizierung von CPS erfolgen.

**Interoperabilität** Neben der funktionalen und nichtfunktionalen Definition von Schnittstellen (siehe „Verträge Spezifizieren“) spielt die Interoperabilität zwischen verschiedenen CPS eine große Rolle. Hier geht es insbesondere darum Systeme miteinander zu verbinden, deren Schnittstellen nicht bereits zur Entwicklungszeit aufeinander abgestimmt wurden. Wird z.B. ein CPS in einem bestimmten Land entwickelt und vermarktet, aber ein Nutzer dieses CPS möchte es in einem anderen Land benutzen in dem sich die benötigten Schnittstellen unterscheiden, so sind Anpassungen nötig. Da nie alle möglichen Interaktionen zwischen CPS zur Entwicklungszeit bekannt sein können, müssen hier Möglichkeiten gefunden werden die CPS zur Laufzeit, d.h. dynamisch, miteinander zu verbinden.

**Wiederverwendung** Je höher die Ansprüche an die Qualität einer Software und damit an ihre einzelnen Bestandteile sind, desto mehr Arbeit wird in die Entwicklung dieser Bestandteile fließen. Der durchschnittliche gebundene Wert pro Softwarebaustein wird durch den höheren Arbeitsaufwand automatisch steigen. Damit steigt natürlich auch die Motivation existierende Software wiederzuverwenden. Findet man heute oft die Situation, dass sich die Kosten für die Neuentwicklung einer Software und dem daraus resultierenden wirtschaftlichen Mehrwert die Waage halten, so wird sich dieses Gleichgewicht in Zukunft zugunsten der Wiederverwendung verschieben. Nur so kann der wirtschaftliche Wert, der in Software enthalten ist, langfristig ausgeschöpft werden.

### 3 Softwaretechnologie für qualitativ hochwertige CPS

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie die Werkzeuge EMFText [Dev12a] und JaMoPP [Dev12b] eingesetzt werden können, um die in Abschnitt 2 beschriebenen Herausforderungen zu adressieren. Diese beiden Open-Source-Tools werden vom Softwaretechnologie Lehrstuhl der TU Dresden und der DevBoost GmbH entwickelt. Sie bauen auf Forschungsergebnissen des Lehrstuhls der letzten Jahre auf und sind dafür ausgelegt schnell auf neue softwaretechnologische Anforderungen, die sich aus immer neuen Arten von Systemen und deren Einsatz ergeben, reagieren zu können.

EMFText ist ein Werkzeug zur Spezifikation von Domänenspezifischen Sprachen (DSL). Es unterstützt die schnelle Entwicklung und Einbindung von Sprachen und damit Daten-

formaten in Entwicklungsprozesse. JaMoPP ist ein Werkzeug zur Verarbeitung von Java Quellcode. Es ist in der Lage Java Programme in ein Objektmodell zu wandeln, welches sowohl analysiert, aber auch modifiziert werden kann.

**Verträge Spezifizieren** Da das Spezifizieren von Verträgen, die über die üblichen funktionalen Schnittstellen hinausgehen, von aktuellen Programmiersprachen wie Java nicht vorgesehen ist, sind neue Notationen zur Vertragsspezifikation nötig. Mit EMFText lassen sich neue Notationen definieren und Entwicklungswerkzeuge für diese Notationen generieren. Diese können Softwareentwickler dann einsetzen um Verträge zu spezifizieren.

**Verträge Prüfen** Damit Verträge geprüft werden können, müssen sie mit der Implementierung des Systems in Verbindung gebracht werden. Hier kann JaMoPP eingesetzt werden. Das Tool überführt Quellcode und Vertragsspezifikationen in ein einheitliches Datenmodell. Dieses Modell kann dann zur Entwicklungszeit verwendet werden, um zu prüfen, ob sich die Eigenschaften, die in den Verträgen definiert sind, im Code wiederfinden. Des Weiteren, kann man mit JaMoPP den Quellcode um weitere Anweisungen erweitern. Dies kann genutzt werden um zur Laufzeit Daten, wie z.B. die tatsächliche Dauer einer bestimmten Operation, zu messen, welche dann wieder mit den Verträgen abgeglichen werden können.

**Langlebigkeit** Wie erwähnt, kann JaMoPP dazu genutzt werden Code automatisch zu erweitern. Genauso ist es möglich Code automatisch zu verändern, um ihn an neue Gegebenheiten anzupassen. Müssen im CPS Umfeld viele Systeme auf neue Bedingungen umgeschrieben werden, kann JaMoPP genutzt werden anstatt alle Systeme ständig manuell zu adaptieren. Dennoch muss auch diese Automatisierung gesteuert werden. (Welche Systeme benötige unter welchen Bedingungen welche Anpassungen?) Hier kann wieder EMFText zum Einsatz kommen um Notationen für diese Beschreibungen zu kreieren.

**Nachvollziehbarkeit** Soll eine durchgehende Nachvollziehbarkeit der Aktivitäten vieler Systeme erreicht werden, ist ein hoher Grad von Automatisierung nötig. Das heißt, Aktivitäten der Systeme müssen nicht nur automatisch erfasst, sondern auch automatisch ausgewertet werden. Zum Erfassen kann wieder JaMoPP genutzt werden, um weitere Anweisungen zur Datenerfassung in Quellcode einzuweben. Zum Auswerten, müssen alle Daten in ein einheitliches Format überführt werden. Hier kann EMFText eingesetzt werden, um die verschiedenen Datenformate zu vereinheitlichen.

**Interoperabilität** Die Vereinheitlichung verschiedener Formate mit EMFText kann auch auf den Ebenen der Systemspezifikation und -implementierung zum Einsatz kommen. Möchte man Systeme realisieren, die sich automatisch an andere Systeme anpassen, müssen diese Systeme sich gegenseitig besser verstehen. Mit Hilfe von EMFText und JaMoPP könnte ein System die Spezifikation oder auch die Implementierung eines anderen Systems einlesen und in ein einheitliches Modell überführen. Durch die Analyse dieses Modells könnte es eine automatische Adaptierung an das andere System vornehmen.

**Wiederverwendung** Klassisch werden Softwarekomponenten als unveränderbare, monolithische Einheiten gehandelt. Im Kontext von CPS muss auch hier mehr Dynamik entstehen, da Systeme, und damit auch ihre einzelnen Komponenten, auf Veränderungen in ihrer Umgebung reagieren müssen. Zum Beispiel könnte sich zeigen, dass ein Teil eines Systems, welches gut auf eine spezielle Umgebung passt, auch auf andere Systeme in

der Umgebung übertragen werden kann. Dieser Teil könnte dazu als wiederverwendbare Komponente aus dem System extrahiert werden. Für solche ein Szenario kann wieder JaMoPP zum Einsatz kommen, welches auch die Funktionalität mitbringt einzelne Teile aus größeren Systemen zu extrahieren.

## 4 Zusammenfassung

Dieser Artikel hat unterschiedliche neue Herausforderungen, die CPS an Softwareentwicklungsprozesse stellen, beschrieben und umrissen wie moderne Werkzeuge, genauer gesagt die Tools EMFText und JaMoPP, genutzt werden können um diese zu adressieren. Den verschiedenen Herausforderungen ist gemein, dass sie eine hohe Transparenz und Flexibilität der Systemspezifikation und -implementierung erfordert. Diese Transparenz und Flexibilität zu ermöglichen ist die Stärke der vorgestellten Tools. In diesem Zusammenhang stellt sich auch immer die Frage der Sicherheit, da Systeme, die sehr transparent und offen für Modifikation sind, auch immer eine potentielle Angreifer anlocken. Allerdings kann die von EMFText und JaMoPP ermöglichte Transparenz auch helfen genügend Informationen über das zu schützende System zu erhalten, um Sicherheitslücken aufzudecken und auszuschließen.

Die Verbreitung von CPS wird nicht mehr aufzuhalten sein. Ziel bei der Entwicklung von Software für solche Systeme muss es sein, ihren besonderen Sicherheits- und Qualitätsanforderungen gerecht zu werden. Moderne Softwaretechnologie, wie sie in diesem Artikel vorgestellt wurde, bietet hier bereits Ansätze um diesem Ziel näher zu kommen.

## 5 Danksagung

Diese Arbeit wurde im Rahmen des Förderprogramms EXIST gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und die Europäische Union.



## Literatur

[Dev12a] DevBoost GmbH und TU Dresden.: EMFText. [www.emftext.org](http://www.emftext.org), 2012.

[Dev12b] DevBoost GmbH und TU Dresden.: JaMoPP. [www.jamopp.org](http://www.jamopp.org), 2012.

## Energiemanagement in der Industrie

Dipl.-Ing. (FH) Volker Sonntag

Robotron Datenbank-Software GmbH  
Stuttgarter Straße 29  
01189 Dresden  
volker.sonntag@robotron.de

**Abstract:** Mit einem Energiemanagementsystem lassen sich nachweislich Einsparpotenziale in der Industrie erzielen. Der Vortrag beschreibt den Aufbau eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001 [IN11]. Es wird ebenfalls auf die notwendigen Anforderungen an Datenerfassungssysteme, Analysetools und Reporting-Werkzeuge eingegangen, um Energiedaten verschiedenster Medien zu bewerten. In Form von „lernenden Netzwerken“ bzw. Energieeffizienztischen schließen sich mehrere Unternehmen zusammen, mit dem Ziel, innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums ein gemeinsam vereinbartes Einsparpotenzial zu heben. Der Aufbau eines solchen Netzwerkes wird ebenfalls erläutert.

### 1 Einführung

Energiewende, Erneuerbare Energien, Energieeffizienz, etc. – diese Themen beschäftigen Politik und Industrie mehr denn je. Spätestens seit dem 06.06.2011, als die Bundesregierung die „Beschleunigte Energiewende“ beschlossen hat, wurde allen Beteiligten klar, welcher Aufwand mit den hohen Zielstellungen bis 2050 verbunden sein wird [BU11]. Senkung des Primärenergieverbrauchs um 50% (Basis 2008), Senkung des Treibhausgases um 80% (Basis 1990), Senkung des Stromverbrauchs um 25% (Basis 2008), Anteil der Erneuerbaren Endenergie auf 60% erhöhen sowie bei der Stromerzeugung auf 80% steigern, ... um nur einige Ziele zu nennen.

Um diese Vorgaben zu erreichen, müssen alle Beteiligten der Energiewirtschaft an einem Strang ziehen. Sei es durch den beschleunigten Ausbau der Netze, um Strom aus Windkraft von Nord nach Süd zu schaffen; durch das Schaffen von intelligenten Netzen, um Energiebedarf und Energieerzeugung zu verknüpfen, gerade unter dem Aspekt der Erneuerbaren Energieerzeugung; oder aber auch durch die Verbesserung der Energieeffizienz. Gerade über dieses Thema ist in den letzten Monaten im Zusammenhang mit einer zukunftsicheren Energieversorgung und die Unabhängigkeit von Energieimporten intensiv diskutiert worden. Alle Maßnahmen, um die Energieeffizienz langfristig und nachhaltig zu verbessern, können in einem systematischen Energiemanagementsystem verankert werden.

## 2 Einsatz von Energiemanagementsystemen

Energiemanagementsysteme (bspw. nach DIN EN ISO 50001 [IN11]) beschreiben in erster Linie Informations- und Organisationsprozesse, die in einem Unternehmen implementiert werden müssen. Das betriebliche Energiemanagementsystem ist dabei das zentrale Instrument, um die Reduzierung des Energieverbrauchs und der Energiekosten und die Steigerung der Energieeffizienz systematisch und langfristig zu gewährleisten (vgl. Abb. 1).

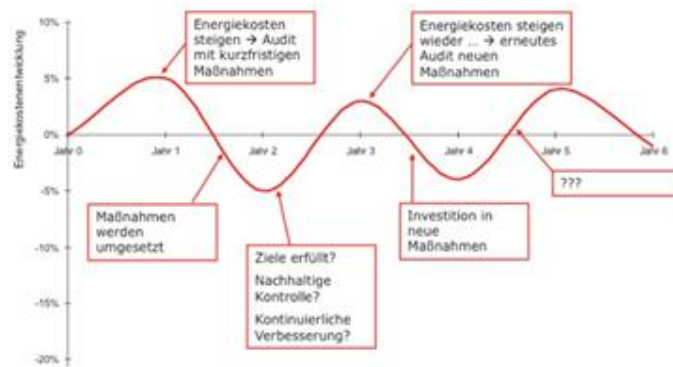


Abbildung 1: Energieeffizienz-Einzelmaßnahmen ohne System (ohne ENMS)

Durch den kontinuierlichen Verbesserungsprozess werden die Voraussetzungen geschaffen, permanent und nachhaltig Energieeffizienzpotenziale zu identifizieren und auszuschöpfen.

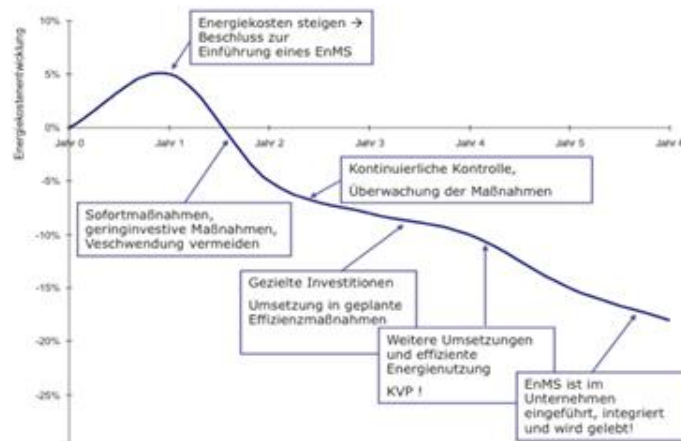


Abbildung 2: Kontinuierliches Energiemanagement (mit ENMS)

Die Struktur der DIN EN ISO 50001 [IN11] entspricht im generellen Ansatz derjenigen weiterer Managementsysteme (ISO 9001 - QM [IN08], ISO 14001 - UM [IN09] oder ISO 18001 – Asi [IN07]). Die Kernelemente der Norm sind: Allgemeine Anforderungen,

Energiepolitik, Planung, Verwirklichung im Betrieb, Überprüfung und Management Review.

Neben den energetischen Einsparpotenzialen wie beispielsweise Optimierung der Druckluft, Verbesserung der elektrischen Antriebe und Pumpensysteme, Überprüfung der lufttechnischen Anlagen, Bewertung der Beleuchtungsanlagen und nicht zuletzt die Optimierung aller Wärme- und Kälteprozesse, lässt sich auch allein durch die Einführung eines Energiemanagementsystems Reduzierung der Energiekosten erreichen (vgl. Abb. 3).

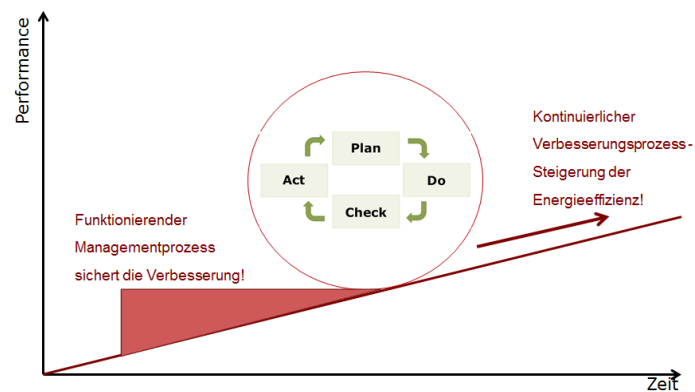


Abbildung 3: Verbesserungsprozess zur Steigerung der Energieeffizienz

Im Rahmen der Überprüfung von monetären Einsparpotenzialen werden insbesondere betrachtet:

- §41 EEG (besondere Ausgleichsregelung für stromintensive Unternehmen ...),
- §9b StromStG und §54 EnergieStG (Steuerentlastung ...),
- §10 StromStG und §55 EnergieStG (Spitzenausgleich ...),
- §19 StromNEV, KWK (Netznutzung über 7.000 Benutzungsstunden ...).

Grundlage bei der Einführung eines Energiemanagementsystems bildet zunächst eine umfassende Bestandsaufnahme (energetische Bewertung) inkl. der Analyse der betrieblichen Energieverbräuche und bereits vorhandener Managementsystemstrukturen.

### 3 Energiecontrolling

Ein weiterer wichtiger Baustein bei der Einführung und dem Betrieb eines Energiemanagementsystems ist das Energiecontrolling, also die Erfassung, Analyse, Bewertung und das Reporting von Energiedaten – hier kommen verstärkt ausgewählte IT-Werkzeuge zum Einsatz.

In Deutschland existieren derzeit ca. 30 Pilot-Netzwerke der Fraunhofer Gesellschaft und ihrer Partner, unterstützt und gefördert von der Bundesregierung. Das wirtschaftliche Potential für mehr Klimaschutz und Energieeffizienz in deutschen Unternehmen ist riesig. Mit derzeit rentablen Technologien können erhebliche Energiekosten eingespart, die Wettbewerbsfähigkeit gestärkt und Treibhausgas-Emissionen vermindert werden. Klimaschutz- und Energieeffizienz-Netzwerke mit 10 bis 15 Unternehmen bieten ein optimales Preis- Leistungsverhältnis, um die vorhandenen Potentiale zu heben. Im Rahmen der 30 Pilot-Netzwerke wurden neu entstandene Netzwerk bezuschusst und deren Arbeit laufend wissenschaftlich begleitet. Moderatoren und energietechnische Berater (LEEN) wurden in Hinblick auf die Netzwerkarbeit weitergebildet und elektronische Berechnungshilfen für Energieeffizienz-Investitionen und Investitionen in erneuerbare Energien verbessert und neu entwickelt. Der Ablauf sieht wie folgt aus:

- 13



- Treffen einmal je Quartal zum Erfahrungs- und Informationsaustausch,
- Monitoring des Energieverbrauchs des Gesamttisches / der Teilnehmer,
- Reporting der durchgeführten Maßnahmen in den einzelnen Unternehmen,
- ggf. Einführung und Umsetzung der Normbestandteile,
- Formulierung der Ziele und Aufgaben bis zum nächsten Treffen,
- Behandlung eines Effizienzthemas (z.B. Druckluft, Kälte, Wärme, Beleuchtung, Antriebe, ...),
- ggf. Behandlung eines Normthemas ISO 50001 [IN11] (z.B. Organisation, Leitlinien, Handbuch, Prozessbeschreibung, ...),
- Weitere individuelle Themen wie Beschaffung, rechtliche Vorgaben, BI, etc.

#### 4 Fazit

Die Vorteile bzw. Mehrwerte für die Betriebe aus Industrie, Handel oder Gewerbe liegen auf der Hand. Zum einen haben die Erfahrungen der letzten Jahre ergeben, dass bei den in Netzwerken organisierten Unternehmen deutlich höhere Effizienzsteigerungen nachzuweisen waren, als im industriellen Durchschnitt. Zum Anderen liegt der Nutzen eindeutig darin, dass neben einer energetischen Analyse des Betriebes mit Ableitung von Einsparpotenzialen sowie einem Erstaudit zur Überprüfung von monetären Einsparpotenzialen (§41 EEG, §9 und §10 StromStG, §55 EnergieStG, §19 StromNEV, KWK) und der Begleitung bei der Einführung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001 [IN11] unter Anleitung und Betreuung Energieeffizienzpotenziale gehoben und die Kosten langfristig gesenkt werden können.

#### Literaturverzeichnis

- [BU11] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, und Reaktorsicherheit: Der Weg zur Energie der Zukunft - sicher, bezahlbar und umweltfreundlich. URL: [http://www.bmu.de/energiewende/beschluesse\\_und\\_massnahmen/doc/47465.php](http://www.bmu.de/energiewende/beschluesse_und_massnahmen/doc/47465.php), letzter Zugriff: 23.03.2012, 2011.
- [IN07] International Organization for Standardization DIN EN ISO 18001:2007 – Arbeits- und Gesundheitsschutz, 2007.
- [IN08] International Organization for Standardization DIN EN ISO 9001:2008 – Qualitätsmanagementsysteme, 2008.
- [IN09] International Organization for Standardization DIN EN ISO 14001:2009 – Umweltmanagementsysteme, 2009.
- [IN11] International Organization for Standardization: DIN EN ISO 50001:2011 - Energy management systems, 2011.



## Ein Konzept zum Social Media Monitoring gestützten IT-Service-Management

Linda Anlauf<sup>1</sup>, Dirk Reichelt<sup>1</sup>, Ralph Sonntag<sup>2</sup>, Thomas Wenk<sup>1</sup>

Fakultät Mathematik/Informatik<sup>1</sup>  
Fakultät Wirtschaftswissenschaften<sup>2</sup>  
Hochschule für Technik und Wirtschaft  
Friedrich List Platz 1, 01069 Dresden  
anlauf@htw-dresden.de, reichelt@htw-dresden.de,  
sonntag@htw-dresden.de, wenk@htw-dresden.de

**Abstract:** Die Konzepte des IT-Service-Managements ermöglichen eine optimale Ausrichtung des Angebots der IT-Leistungen an die geschäftlichen Anforderungen von betrieblichen Abläufen. Eine Hauptaufgabe des IT-Service-Managements ist es dabei, die benötigten IT-Services stets in angemessener Qualität und mit ausreichend Kapazität bereitzustellen. Aktuelle IT-Betriebskonzepte wie IT Infrastructure Library schlagen hierfür eine Reihe unterschiedlicher Prozesse für die Überwachung der technischen Leistungsparameter der IT-Lösungen und der Analyse von Kapazitäten vor. Im Rahmen des Beitrages wird untersucht, wie sich diese etablierten Lösungen um Informationsquellen erweitern lassen und damit die Qualität der Prognoseverfahren verbessert wird. Im Fokus der Untersuchung stehen dabei die Daten auf Basis von User Generated Content im Web 2.0. Mit dem Social Media Monitoring hat sich hier bereits eine neue Disziplin etabliert, welche sich mit der Analyse von Informationen aus unterschiedlichen Social Media Kanälen beschäftigt. Die Arbeit schlägt ein Grobkonzept vor, wie sich Daten aus verschiedenen Quellen kombinieren lassen. Es wird gezeigt, welches Potential eine solche Datenintegration bietet: zum Einen für die Steuerung des IT-Betriebs und, zum Anderen, wie aktuelle Anwender von Social-Media-Monitoring-Lösungen von einer solchen Integration profitieren können. In einem Ausblick werden aktuelle Forschungsaktivitäten, welche sich aus der aufgeworfenen Problemstellung ableiten, diskutiert.

### 1 Einleitung

Der Einfluss und die Bedeutung des Social Webs sind für Unternehmen in den letzten Jahren konstant gestiegen. Viele Firmen sehen im Internet eine Möglichkeit mit aktuellen und potentiellen Kunden in Verbindung zu treten und mit ihnen zu kommunizieren [Hettler2010]. Eine Studie von Cone Communications verdeutlicht die Anforderungen an Unternehmen, um im Social Web aktiv zu werden [cone2008]. Für eine erfolgreiche Interaktion mit den Unternehmen wünschen und fordern die Kunden Präsenz im Social Media Bereich. Dieser Einfluss von Social Media wurde von den Firmen erkannt, jedoch scheuen sich noch einige vor dem Schritt in das Social Web.

Allerdings kann nicht nur die Reputation von Unternehmen im Web 2.0 analysiert werden, sondern auch das Interesse, die Meinungen und Erfahrungen zu Shops oder Anwendungen. Viele Geschäftsprozesse werden heutzutage durch den Einsatz von Informationstechnologien unterstützt. Das IT-Service-Management dient dabei der Koordination von Funktionen und Prozessen zur Stiftung eines Mehrwertes für den Kunden in Form von Diensten. Dieser Mehrwert wird mittels einer optimalen Anpassung des IT-Services an die Kundenanforderung erreicht [Beims2010]. Zur Umsetzung von IT-Services existieren verschiedene Frameworks. Die IT Infrastruktur Library ist der aktuell am häufigsten verwendete Standard in diesem Bereich. Die fünf Phasen Service Strategy, Service Design, Service Transition, Service Operation und Continual Service Improvement beschreiben den Lebenszyklus eines Services [vonBon2008]. Sie enthalten zusätzlich Prozesse und Funktionen, die zur Steuerung und Kontrolle der einzelnen Schritte beitragen. Die Auswertungen umfassen Verfügbarkeitsanalysen sowie Kapazitätsauslastungen oder prüfen die Einhaltung von Service Level Agreements. Das allgemeine Ziel eines jeden IT-Providers ist eine effiziente und effektive Ressourcenverwaltung. Aktuelle Technologien, wie Cloud Computing, befassen sich bereits mit der Thematik und bieten Lösungen an, mit denen sich die zur Verfügung stehende Kapazität für IT-Services dynamisch den aktuellen Kapazitätsanforderungen anpasst.

Die Auswertung von Informationen ist aus dem Bereich Social Media und auch im IT-Service-Management-Bereich nicht mehr wegzudenken. Aus diesem Grund gewinnen die Monitoringkonzepte von IT und Social Media für Firmen immer mehr an Bedeutung.

Ein aktuelles Beispiel soll zeigen, dass mittels einer Verknüpfung des Social Media Bereichs und des IT-Service-Managements ein Ausfall hätte verhindert werden können. Das Internetportal [www.lebensmittelklarheit.de](http://www.lebensmittelklarheit.de) vom Verbraucherschutzministerium bietet dem Verbraucher die Möglichkeit, sich über Kennzeichnungen und Aufmachungen von Lebensmitteln kritisch zu äußern und zu informieren. Die betroffenen Unternehmen können dazu öffentlich Stellung beziehen. Das Verbraucherportal selbst gibt ebenfalls eine Einschätzung zum Fall. Die Webseite schafft mit diesem Angebot mehr Transparenz in diesem Bereich. Das Rollout der Homepage wurde von den Verbrauchern sehnlichst erwartet und in den verschiedenen Social Media Kanälen diskutiert. Durch einen Beitrag in der Tagesschau unterstützt, erlangte die Thematik sehr große Aufmerksamkeit. Das Portal sollte am 20.07.2011 für den Verbraucher zur Verfügung stehen, aufgrund des großen Interesses war die Webseite jedoch für Stunden nicht zu erreichen. Dem User wurde lediglich eine Störungsmeldung angezeigt. Nach einiger Zeit war zumindest ein Zugriff auf eine reduzierte HTML-Version möglich. Die Betreiber registrierten bis zu 20.000 Zugriffe pro Sekunde [focus2011]. Die Last konnte von der vorhandenen IT-Infrastruktur nicht bewältigt werden und die Webseite brach zusammen. Der Betreiber stellte einige Tage später eine ausreichende IT-Kapazität zur Verfügung, die einen reibungslosen Zugriff ermöglichte. Obwohl das Interesse bekannt war und die Informationen bzw. Daten vorlagen, wurden diese nicht genutzt. Mittels eines entsprechenden Monitorings innerhalb der Social Media Kanäle hätten die Betreiber die Bedeutung des Portals erkennen und entsprechende Maßnahmen ergreifen können.

## **2 Monitoringkonzepte für soziale Netzwerke und IT-Systeme**

Die Auswertung und Interpretation von Daten aus dem IT Bereich ist schon lange ein fester Bestandteil von IT-Dienstleistern in der Praxis. Sie nutzen die Informationen, um die vereinbarten Agreements mit den Kunden zu gewährleisten, aber auch um die bestehenden Prozesse und Funktionen bzgl. ihrer Ressourcen und Kosten zu optimieren. Im Social Media Bereich bietet das Monitoring hingegen eine Möglichkeit, sich einen Überblick über die Reputation des eigenen Unternehmens bzw. der Konkurrenz und darüber hinaus über angebotene Produkte und Dienstleistungen zu verschaffen. Es existiert jedoch zum momentanen Zeitpunkt keine gemeinsame Verbindung oder Beziehung zwischen den Daten.

### **2.1 Social Media Monitoring**

Als Social Media Monitoring wird die Beobachtung von Diskussionen und Meinungsbildungen, auch User Generated Content genannt, im Social Web bezeichnet. Das Monitoring befasst sich mit der Erhebung und Analyse der Daten. Das Ziel besteht darin, Kunden und Konkurrenz zu beobachten, aber auch die Meinung über das eigene Unternehmen in Erfahrung zu bringen. Weiterhin können Marketingmaßnahmen ausgewertet und die Erkennung von Trends unterstützt werden [Hilker2010]. Auf den ersten Blick scheint das Social Media Monitoring einfacher geworden zu sein. Die Datenschutzrichtlinien erlauben es den Unternehmen alle Daten zu erfassen, die sich im öffentlichen Web befinden. Es gibt jedoch mehr als drei Milliarden Blogs, Foren, Portale, Microblogs und Newsgroups und nur ein geringer Teil ist für Firmen wirklich relevant. Bevor ein Unternehmen Social Media Monitoring einsetzt, müssen deshalb das Ziel und die Anwendungsgebiete definiert werden. Zu Beginn sollten grundlegende Fragestellungen beantwortet werden, wie z.B. „Warum sollte ich ein Monitoring durchführen?“ oder „Welche Plattformen sind für mich relevant?“. Falls alle Fragen beantwortet werden und ein entsprechendes Tool im Einsatz ist, steht der Firma eine vollkommen neue Art der Analyse von Kommunikationswegen zur Verfügung.

### **2.2 Monitoring von IT-Systemen**

Mit der Steigerung von Anforderungen an die verschiedenen Geschäftsprozesse ist es für das IT-Service-Management immer wichtiger, die Systeme effizient und effektiv im Blick zu haben, dies ist aber nur mit einem entsprechenden Monitoring möglich [Bichler2010]. Das IT-Monitoring hat sich im Laufe der Zeit verändert, von der Bereitstellung von IT-Ressourcen bis hin zum kontinuierlichen Betrieb der Systeme und Funktionen. In den verschiedenen Phasen von ITIL sind Prozesse und Funktionen enthalten. Die Phase Service Design enthält beispielsweise den Prozess Capacity Management. Dieser bildet die Grundlage für die Kapazitätsplanung von aktuellen und zukünftigen Kundenanforderungen. Mittels der bereits erhobenen Daten können Anforderungen formuliert und mit dem entsprechenden Monitoring ausgewertet werden. Das Ziel des IT-Providers ist es, Ausfallzeiten zu vermeiden, Probleme frühzeitig zu erkennen und Maßnahmen zu ergreifen.

### **3 Entwurf eines ganzheitlichen Konzeptes für das IT-Service-Management**

#### **3.1 Architekturkonzept**

Der Ansatz des Projektes ist es, die Daten aus dem Social Web mit den Daten aus dem IT-Service-Management zu verbinden. Dazu hat die Hochschule für Technik und Wirtschaft in Dresden das Projekt UCIT (User Content & IT) initiiert. Hier werden zunächst die unterschiedlichen Social Media Kanäle klassifiziert und charakterisiert. Im nächsten Schritt werden die aktuellen Kennzahlen aus den Bereich des IT-Service-Managements und des Social Medias verglichen und auf gemeinsame Datenbasen analysiert, auf deren Grundlage schlussendlich ein neues Kennzahlensystem abgeleitet werden kann. Im letzten Abschnitt des Projektes soll ein prototypischer Client die ermittelten Kennzahlen abbilden.

#### **3.2 Datenquellen**

Um das beschriebene Konzept zu verwirklichen, müssen die Daten aus dem Social Web mit den Daten aus den IT-Systemen verknüpft werden. Das Social Media Monitoring liefert momentan die Informationen über aktuelle und mögliche Trends bzw. Themen, über welche die User diskutieren. Diese Informationen werden im nächsten Schritt mit den IT-Daten auf Gemeinsamkeiten analysiert. Dabei werden die Daten auf Trendverläufe in gleichen Themengebieten verglichen und bewertet. Die Social Media Informationen für IT-Trends zu nutzen ist ein vollkommen neuer Ansatz und stellt neue Anforderungen an die Daten. Aktuelle Systeme zur Auswertung von Social Web Inhalten analysieren die Daten zeitverzögert, meist tagesbasiert. Diese vergangenheitsbezogenen Daten sind für viele betriebliche Fragestellungen, z.B. in den Bereichen Forschung und Entwicklung oder Marketing, ausreichend, allerdings nicht für den IT-Bereich. Daher müssen zeitliche und inhaltliche Anforderungen definiert werden. Um die Informationen zur Vorhersage, z.B. von aufkommenden Zugriffszahlen, verwenden zu können, ist es sinnvoll, die Erhebung von Social Media Daten echtzeitfähig zu vollziehen.

#### **3.3 Zusammenführung der Informationsquellen in einer konsolidierten Analyseumgebung**

Die Analyse der gemeinsamen Datenbasis würde Prognosen und Trends, beispielsweise für das IT-Service-Management und anderen IT gestützten Systemen, aber auch eine bessere Kampagnensteuerung für eine Marketingabteilung, ermöglichen. Andere Anwendungen im Unternehmen, die Social Media Daten nutzen, können ebenfalls profitieren: ein IT-Provider kann die Daten zur Optimierung seiner Services nutzen. Es werden IT relevante Trends erkannt und deren Auswirkung auf die IT-Infrastruktur. Auf der Basis dieser Informationen ist es möglich, rechtzeitig in den Prozess einzugreifen und die zum Zeitpunkt benötigten Ressourcen zur Verfügung zu stellen.

Die Daten sind nicht nur für einen IT-Dienstleister interessant, sondern können ebenfalls zur Auswertung von Kampagnen einer Marketingabteilung dienen. Dadurch sind eine kampagnenbegleitende Optimierung der Werbemaßnahmen sowie eine Effizienzsteigerung möglich. Des Weiteren können Entscheidungen zukünftig auf Basis weiterer Steuerungskennzahlen getroffen werden, die es erlauben, aus vergangenen Ereignissen zu lernen und davon zu profitieren. Unternehmensabteilungen können ihre eigenen Ansichtsschemata auf Daten behalten, die durch zusätzliche Daten erweitert und veredelt werden.

## 4 Zusammenfassung

Das IT-Service-Management sowie andere Unternehmensbereiche, wie z.B. Marketingabteilungen, sehen sich wachsenden Anforderungen gegenüber. In den Vordergrund rückt hierbei die Kostenminimierung, welche gleichzeitig eine Leistungssteigerung erfahren soll. Die dadurch entstehenden Bedingungen zur Steuerung und Kontrolle der einzelnen Ereignisse werden einen Faktor der Zukunft bilden. Das Ziel des Projektes setzt genau in diesem Bereich an.

## Literaturverzeichnis

- |               |   |
|---------------|---|
| [Beims2010]   | Beims, M.; IT Service Management in der Praxis mit ITIL V3, Carl Hanser Verlag, 2010, S. 3.   |
| [Bilcher2010] | Prof. Dr. Bilcher, M.; IT-Service-Management und IT-Automation; Wirtschaftsinformatik 01/2011; Gabler Verlag; 2010;<br><a href="http://www.springerlink.com/content/9668385748757202/fulltext.pdf">http://www.springerlink.com/content/9668385748757202/fulltext.pdf</a>  |
| [cone2008]    | Cone Communications Autor; Cone Finds that Americans Expect Companies to Have a Presence in Social Media; 2008; <a href="http://www.coneinc.com/content1182">http://www.coneinc.com/content1182</a> ; 15.02.2012  |
| [focus2011]   | FOCUS Autor; Verbraucherportal bricht unter Ansturm zusammen; 2011;<br><a href="http://www.focus.de/panorama/vermisches/lebensmittelklarheit-de-verbraucherportal-bricht-unter-ansturm-zusammen_aid_647771.html">http://www.focus.de/panorama/vermisches/lebensmittelklarheit-de-verbraucherportal-bricht-unter-ansturm-zusammen_aid_647771.html</a> ; 15.02.2012 |
| [Hettler2010] | Dr. Hettler, U.; Social Media Marketing, Marketing mit Blogs, Sozialen Netzwerken und weiteren Anwedungen des Web 2.0; Oldenbourg Verlag München; 2010, S. 65-80.   |
| [Hilker2010]  | Hilker, C.; Social Media für Unternehmen, Wie man Xing, Twitter, YouTube und Co. Erfolgreich im Buiness einsetzt; Linde Verlag Wien Ges.m.b.H; 2010; S. 164-175   |
| [vonBon2008]  | von Bon, J.; Foundations in IT Service Management basierend auf ITIL V3; Van Haren Publishing; 2008; S. 19.   |

## Die virtuelle Darstellung von Living Labs am Fallbeispiel der Future Factory Initiative

Sabine Patsch, Iwona Jirschitzka

SAP AG, SAP Research  
Dietmar-Hopp-Allee 16  
69190 Walldorf  
sabine.patsch@sap.com  
iwona.jirschitzka@sap.com

**Abstract:** Der Beitrag skizziert Einsatzmöglichkeiten der Online-Kommunikation im Kontext sich öffnender Innovationsprozesse am Fallbeispiel der Future Factory Initiative der SAP AG. Es wird veranschaulicht, wie das Living-Lab-Konzept durch virtuelle Kommunikationsmaßnahmen erfolgreich ergänzt wurde.

Im Rahmen der Future Factory Initiative (FFI) von SAP Research kooperieren derzeit mehr als 20 Partner aus der Industrie, um gemeinsam Innovationen in der IT-gestützten Fertigung zu erarbeiten und zu evaluieren [vgl. BK10]. Kern der Initiative ist das Future Factory Living Lab, das am Forschungsstandort in Dresden angesiedelt ist. Die in der FFI gewonnenen Forschungsergebnisse werden im Living Lab durch Demonstratoren und Prototypen anschaulich für Anspruchsgruppen, wie Kunden oder Partner dargestellt, sodass ihr Feedback in den weiteren Forschungsprozess eingebunden wird.



Abbildung 1: Future Factory Living Lab in Dresden

Als Ergänzung zu der physischen Existenz des Future Factory Living Labs in Dresden wurde dessen virtuelle Darstellung vorangetrieben, um die Reichweite des Living Labs über raum-zeitliche Grenzen hinweg zu erhöhen. Entsprechend wurden weitere Maßnahmen im Rahmen der Online-Kommunikation konzipiert und realisiert.

Die web-basierte Plattform „Virtual Future Factory“ ermöglicht den virtuellen Besuch des sogenannten „Plant Room“ in Dresden, in dem ein diskreter Fertigungsprozess dargestellt wird. Die 3D-Animationen veranschaulichen die Szenarien des physischen Future Factory Living Labs, sodass der gesamte Fertigungsprozess interaktiv erfahren werden kann und verschiedene Demonstratoren und Prototypen ausprobiert werden können. Weiterführende Informationen u.a. zu assoziierten Produkten sind ebenfalls integriert.



Abbildung 2: Virtual Future Factory

Ergänzt wird die virtuelle Darstellung des Future Factory Living Labs durch Webcam-basierte Touren. Nach Anfrage bzw. im Rahmen regelmäßiger Termine kann das Future Factory Living Lab live via Webcam besucht werden. Hierbei kann auf individuelle Bedürfnisse, wie den inhaltlichen Schwerpunkt der Tour, eingegangen werden und ein direkter Dialog mit Teilnehmern wird möglich.

Das Praxisbeispiel verdeutlicht das Potenzial virtueller Kommunikationsmaßnahmen im Kontext von Living Labs. Das Living-Lab-Konzept, das als Methode des Innovationsmanagements und als Kommunikations- und Kollaborationsplattform im Rahmen der Innovationskommunikation beschrieben wird [vgl. BK10], ermöglicht die Einbindung zukünftiger Nutzer in Prozesse zur Erstellung, Bewertung und Umsetzung von Prototypen, Anwendungen oder Neuentwicklungen in einer möglichst alltagsnahen, realen Umgebung [vgl. Er06]. Durch Online- bzw. Multimedia-Kommunikation können raum-zeitliche Grenzen überwunden werden, sodass reale Umgebungen auch virtuell erfahrbar werden. Eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit virtuellen bzw. web-basierten Kommunikationsinstrumenten im Kontext der Innovationskommunikation [vgl. ZM09] findet bislang aber erst vereinzelt statt [vgl. MT10].

## Literaturverzeichnis

- [BK10] Beck C.; Kubach, U.: Zusammenspiel von Kommunikation und Forschung in Technologieunternehmen. 6. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Berlin, 2010.
- [Er06] Eriksson, M.; Niitamo, V.; Kulkki, S.; Hribernik, K.: Living Labs as a Multi-Contextual R&D Methodology. 12th International Conference on Con-current Enterprising, Mailand, 2006.
- [MT10] Maisch, B.; Tobies, K.: Innovation Communication in Virtual Worlds: A Multiple Case Study Analysis in Second Life. In: Innovation Journalism, Vol 7(9), 2010; S.1-21.
- [ZM09] Zerfaß, A.; Möslin, K. M. (Hrsg.): Kommunikation als Erfolgsfaktor im Innovationsmanagement: Strategien im Zeitalter der Open Innovation. Gabler, Wiesbaden, 2009.



## Energiestrombasierte Simulation neuartiger Pkw-Triebstrangkfigurationen

Matthias Seidl

Per Lewerenz

Dora-Stock-Straße 8  
01217 Dresden  
matthias\_seidl@gmx.net

Institut für Automobiltechnik Dresden  
Technische Universität Dresden  
George-Bähr-Straße 1 c  
01062 Dresden  
per.lewerenz@tu-dresden.de

**Abstract:** Zur Steigerung der Energieeffizienz von Pkw wird gegenwärtig eine Vielzahl unterschiedlicher Triebstrangkfigurationen erforscht. Um deren Eigenschaften untersuchen zu können, werden strukturell flexible Simulationsmodelle benötigt. Im vorliegenden Beitrag wird deshalb eine Modellstruktur entwickelt, die Effizienzuntersuchungen in beliebigen Fahrzyklen sowie Fahrleistungsuntersuchungen ermöglicht, wobei die Triebstrangkstruktur nach dem Baukastenprinzip frei definierbar ist. Die Fahrzeuglängsdynamik wird durch den Austausch mechanischer, elektrischer, thermischer und chemischer Energieströme zwischen den Komponenten eines modular aufgebauten Triebstrangkmodells simuliert. Das Modell wird als energetisch geschlossenes System konzipiert und bezieht thermische Umwandlungsverluste als potenzielle Nutzenergie mit ein. Mit einer praktischen Umsetzung in der Software *SimulationX* wird der Energieverbrauch eines Elektrofahrzeugs im *Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ)* durch Optimierung der Getriebeübersetzung minimiert. Die Modellstruktur wird anhand ausgewählter Simulationsergebnisse beurteilt.

### 1 Einleitung

Um energieeffiziente Mobilität zu ermöglichen, werden vielfältige Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen zur Ergänzung der klassischen Pkw-Triebstrangkfiguration mit Verbrennungsmotor unternommen [Sta08]. Hybridfahrzeuge, Elektrofahrzeuge und innovative Antriebskonzepte wie Radnabenmotoren eröffnen neue Herausforderungen in der Triebstrangkentwicklung. Zur Untersuchung experimenteller Triebstrangkfigurationen sind flexible Simulationsmodelle nötig, die gesamtfahrzeugübergreifende Eigenschaften einfach und schnell verdeutlichen [LWFF09]. „Triebstrangkfiguration“ bezeichnet die Art, Anzahl und Kopplung der Komponenten zur Erzeugung des Fahrzeugvortriebs unter zusätzlicher Einbeziehung von Energiespeichern und komfortrelevanten Energieverbräuchern. Im vorliegenden Beitrag wird eine Modellstruktur für Simulationsmodelle vorgestellt, die Effizienz- und Fahrleistungsuntersuchungen an frei definierbaren Triebstrangkfigurationen ermöglicht. Der Fokus liegt dabei auf hoher struktureller Flexibilität, geringem Parametrierungsaufwand und Verdeutlichung grundsätzlicher Eigenschaften zur Konzeptauslegung der Triebstrangkfiguration.



Der weitere Beitrag ist wie folgt strukturiert: In Kapitel 2 wird eine Abgrenzung zu verwandten Forschungsarbeiten vorgenommen, in Kapitel 3 wird die theoretische Modellstruktur erläutert, in Kapitel 4 wird die praktische Umsetzung in der Software *SimulationX* beschrieben, in Kapitel 5 werden ausgewählte Simulationsergebnisse zur Beurteilung des Simulationsmodells vorgestellt und Kapitel 6 schließt mit einer Zusammenfassung.

## 2 Abgrenzung zu anderen Arbeiten

Reding implementiert in der Software *SIMPLORER*<sup>1</sup> ein Simulationsmodell, das sehr detaillierte Untersuchungen ermöglicht, sich aber wegen der strukturellen Beschränktheit auf ausgewählte Konfigurationen elektrischer Hybridantriebe nicht als Grundlage eignet [Red04]. Spörl entwickelt eine Struktur für Energieverbrauchs- und Fahrleistungsuntersuchungen, die als theoretische Grundlage für die im vorliegenden Beitrag vorgestellte Modellstruktur dient [Spö96]. Sie wurde im Fahrsimulationsprogramm *FASIMA II* implementiert, das eine modulare Eingabe der Triebstrangkongfiguration ermöglicht. Die Triebstrangmodule sind mechanisch und elektrisch verbunden, der Kraftstoffverbrauch wird rechnerisch ermittelt. Die thermischen Umwandlungsverluste der Module werden nicht weiterverarbeitet, d. h., es wird kein energetisch geschlossenes System simuliert und die Untersuchung der thermischen Energie als Nutzenergie ist nicht möglich.

## 3 Modellstruktur

Die im Folgenden am Beispiel eines Elektrofahrzeugs beschriebene Modellstruktur zur Simulation der Fahrzeuglängsdynamik ermöglicht umfangreiche Effizienzuntersuchungen in beliebigen Fahrzyklen (z. B. Streckenenergieverbrauch, Reichweite, Analyse von „Energieverlusten“) sowie Fahrleistungsuntersuchungen (z. B. Höchstgeschwindigkeit, Beschleunigungsvermögen, Steigfähigkeit). Die zu untersuchenden Triebstrangkongfigurationen können mit vorgefertigten, frei parametrierbaren Komponenten aufgebaut werden. Die Modellstruktur ermöglicht eine große Flexibilität bezüglich der simulierbaren Komponenten.

Das Simulationsmodell wird in vier Teilmodelle gegliedert, zwischen denen ein wechselseitiger Datenaustausch und eine gerichtete Befehlerteilung erfolgt (vgl. Abbildung 1). Als Datenquelle für die Simulation wird das Teilmodell *Simulationsbedingungen* verwendet. Das *Fahrermodell* verarbeitet äußere Einflüsse und aktuellen Fahrzustand und leitet die zur Befolgung des Fahrzyklus nötigen Pedalbetätigungen und Gangwechsel ab. Das *Triebstrangsteuerungsmodell* ist als zentrale datenverarbeitende Instanz konzipiert, die das Triebstrangmodell in Abhängigkeit empfangener Befehle und Daten sowie hinterlegter Betriebsstrategien steuert. Der substanzielle Teil des Simulationsmodells ist das *Triebstrangmodell*. Es simuliert das Verhalten von Gesamtfahrzeug und Einzelkomponenten und wird im Folgenden näher beschrieben.

---

<sup>1</sup><http://www.ansoft.com/products/em/simplorer/>

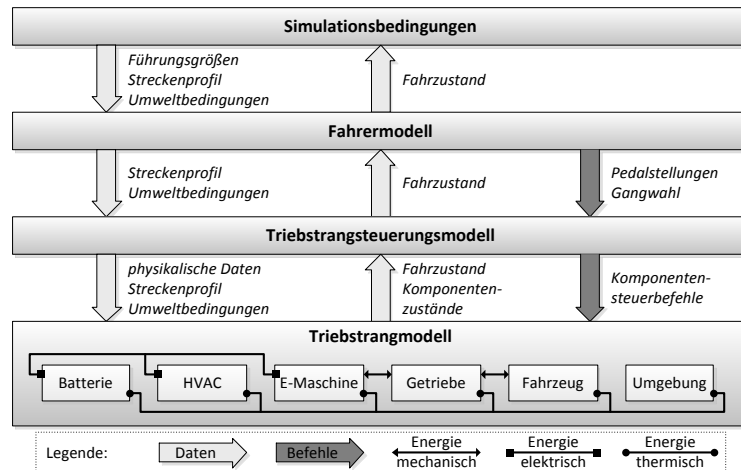


Abbildung 1: Gliederung des Simulationsmodells in vier Teilmodelle mit beispielhafter Konfiguration des energiestrombasierten Triebstrangmodells als Elektrofahrzeug

Das Triebstrangmodell besteht aus Modulen, die jeweils eine Komponente bzw. Funktionseinheit repräsentieren. Der Detailgrad der Simulation wird durch die gewählte Granularität bei der Definition der Funktionseinheiten beeinflusst. Es kommt stets ein Modul Fahrzeug zum Einsatz, das Fahrwiderstände und Fahrzeuglängsdynamik simuliert. Die Module werden durch Verbindungen gekoppelt, über die sie Energieströme austauschen und dadurch gegenseitig ihre Zustandsgrößen beeinflussen. Im Simulationsmodell werden die vier dominierenden Energieströme repräsentiert: *mechanische*, *elektrische*, *thermische* und *chemische Leistung* (Kraftstoffmassenstrom). Module können empfangene Energieströme entweder vollständig umwandeln und in anderen Energieformen abgeben, oder anteilig, durch Änderung eigener Zustandsgrößen, zwischenspeichern. Die Triebstrangkonfiguration wird durch Auswahl der Module und Struktur der energetischen Verbindungen definiert. Die gewählte Konfiguration muss von der Triebstrangsteuerung unterstützt werden.

Jedes Modul hat die seiner Funktion entsprechenden Ein- und Ausgänge für verschiedene Energieformen sowie Anschlüsse zum Datenaustausch mit und Befehlsempfang von der Triebstrangsteuerung. Jedes Modul fungiert bei der Energieumwandlung als Blackbox, es werden lediglich Steuerungsentscheidungen, die das Zusammenspiel mehrerer Module betreffen, von der Triebstrangsteuerung getroffen. Zur Simulation der Energieumwandlungen beinhalten die Module beispielsweise Wirkungsgradkennfelder, Temperaturkennlinien, Zahlenwerte von Modulmassen und Trägheitsmomenten rotierender Bauteile.

Ein bedeutender Aspekt der Modellstruktur ist die Betrachtung des Simulationsmodells als energetisch geschlossenes System, in dem keine Energie entsteht oder verloren geht. Die bei Umwandlungsprozessen wirkungsgradbedingt anfallende thermische Energie wird anderen Modulen als Energiestrom zur Verfügung gestellt, wodurch sich die Vielfalt der simulierbaren Komponenten erhöht (z. B. thermoelektrischer Generator) und ermöglicht wird, den energetisch bedeutsamen Aspekt der Innenraumklimatisierung in die Simulati-

on miteinzubeziehen. Ungenutzte thermische Energie wird im Modul Umgebung gesammelt und kann zur Simulation von Komponenten verwendet werden, die Energie aus ihrem Umfeld gewinnen (Energy Harvesting). Durch die konsequente Systematisierung nach Energieform ist eine Analyse der prinzipiellen energetischen Eigenschaften verschiedener Triebstrangkonfigurationen möglich. Es können dabei sowohl grundsätzliche Schlüsse aus der Betrachtung der Gesamtenergiebilanzen der verschiedenen Energieformen gezogen werden, als auch Energieströme auf Komponentenebene ausgewertet werden.

## 4 Praktische Umsetzung

Für die praktische Umsetzung der Modellstruktur wird die Software *SimulationX*<sup>2</sup> verwendet, die eine physikalisch-objektorientierte Modellierung sowohl signalorientiert als auch akausal ermöglicht. Es wurde eine exemplarische Implementierung vorgenommen, die die Eingabe der Triebstrangkonfiguration nach dem Baukastenprinzip erlaubt. Zur Simulation der Energieströme im Modell werden verschiedene Verbindungstypen verwendet: Elektrische, thermische und chemische Leistungen werden über Signalleitungen mit fixierter Signalflossrichtung übertragen. Bei der Übertragung mechanischer Leistung ist eine fixierte Signalflossrichtung ungünstig, da Wechselwirkungen zwischen Massenträgheiten verschiedener Komponenten bestehen. Deshalb werden mechanische Verbindungen akausal modelliert. Die Eingangsparameter des Modells sind Komponentenparameter und Simulationsbedingungen. Die Implementierung ermöglicht einen vollständigen Zugriff auf Ergebnisgrößen wie Streckenenergieverbrauch, Rekuperationsquote, Höchstgeschwindigkeit und Beschleunigungsvermögen. Außerdem steht der zeitliche Verlauf von Energieströmen, Ladezuständen, Drehmomenten etc. zur Analyse zur Verfügung. Es können somit Untersuchungen der grundsätzlichen energetischen Eigenschaften verschiedener Triebstrangkonfigurationen vorgenommen werden. Darüber hinaus ist es möglich, Optimierungen, beispielsweise des Streckenenergieverbrauchs oder des Beschleunigungsvermögens, durch Variantenrechnungen von Modulparametern vorzunehmen.

## 5 Ausgewählte Simulationsergebnisse

Die dargestellten Ergebnisse stammen aus dem Simulationsmodell eines elektrisch angetriebenen Kompaktfahrzeugs mit einstufigem Getriebe im *Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ)*. Das Triebstrangmodell besteht aus sechs Modulen: E-Maschine, Getriebe, Batterie, HVAC<sup>3</sup>, Fahrzeug, Umgebung. Der ermittelte Streckenenergieverbrauch von  $\beta_E = 23,3 \text{ kWh}/100 \text{ km}$  liegt im Rahmen eines Vergleichswertes aus der Literatur  $\beta_E = 25,0 \text{ kWh}/100 \text{ km}$  (elektrisch angetriebener Citroën Berlingo) [Sta08]. Bei Modulparametervariationen schwankten die Ergebnisgrößen in prognostizierter Richtung: Bei einer Optimierungsrechnung der Getriebeübersetzung von  $i = 9,0$  auf  $i = 6,6$  wurde

---

<sup>2</sup><http://www.iti.de/simulationx.html>

<sup>3</sup>Heizung, Lüftung und Klimaanlage

beispielsweise ein Verbrauchsunterschied von  $\Delta\beta_E = -0,58 \text{ kWh}/100 \text{ km}$  bzw.  $-2,4 \%$  und ein Unterschied in der Beschleunigungszeit bis  $100 \text{ km/h}$  von  $\Delta t_{100} = -5,4 \text{ s}$  bzw.  $-16,88 \%$  ermittelt, was auch in der Höhe angemessen erscheint. Die Berechnungszeit betrug auf einem mittelklassigen Zweikernprozessor  $t_R = 10,9 \text{ s}$ , was bei einer Simulationszeit von  $t_S = 1180,0 \text{ s}$  einem Echtzeitfaktor von  $EZF = t_R/t_S \approx 0,009$  entspricht. Eine experimentelle Validierung der Simulationsergebnisse, beispielsweise durch Prüfstandsversuche, wurde bislang nicht vorgenommen. Die Ergebnisse und die Berechnungszeit zeigen jedoch, dass mit der Modellstruktur energetische Triebstranguntersuchungen zur Konzeptauslegung sehr effizient möglich sind.

## 6 Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wurde eine Modellstruktur für Simulationsmodelle vorgestellt, die Effizienz- und Fahrleistungsuntersuchungen an frei definierbaren, modularen Triebstrangkonfigurationen ermöglicht. Es wurde eine praktische Umsetzung der Modellstruktur in der Software *SimulationX* unter Angabe benötigter Eingangsparameter und möglicher Ergebnisgrößen vorgestellt und anhand ausgewählter Simulationsergebnisse beurteilt. Der wesentliche Beitrag der vorliegenden Arbeit besteht in der konsequenten Systematisierung und Strukturierung des Triebstrangmodells nach vier verschiedenen Energieformen und der Betrachtung als energetisch geschlossenes System, was die Untersuchung einer möglichen Verwendung der „Verlustenergie“ im Fahrzeug ermöglicht.

## Dank

Die Verfasser danken den Mitarbeitern des Lehrstuhls Kraftfahrzeugtechnik der *TU Dresden*, im Besonderen Dipl.-Ing. Matthias Funk für die Betreuung des zugrunde liegenden Großen Belegs, außerdem der *ITI GmbH*, Dresden, für die unbürokratische Erteilung einer *SimulationX*-Lizenz zur Implementierung im Rahmen des Großen Belegs.

## Literatur

- [LWFF09] M. Lindemann, T.-M. Wolter, R. Freimann und S. Fengler. Konfiguration von Hybridantriebssträngen mittels Simulation. *ATZ*, 111(05):332–338, 2009.
- [Red04] G. Reding. *Simulation verschiedener Strukturvarianten des Antriebsstrangs von Hybridfahrzeugen*. Travail de candidature, Lycée Technique du Centre, Luxembourg, 2004.
- [Spö96] T. Spörl. *Modulares Fahrsimulationsprogramm für beliebig aufgebaute Fahrzeugtriebstränge und Anwendung auf Hybridantriebe*. Dissertation, Universität Stuttgart, Fakultät Konstruktions- und Fertigungstechnik, 1996.
- [Sta08] C. Stan. *Alternative Antriebe für Automobile – Hybridsysteme, Brennstoffzellen, alternative Energieträger*. Springer, Berlin, 2. Auflage, 2008.

## Modular sicherheitszertifizierte Anwendungen für cyber-physikalische Systeme

Christoph Seidl

Institut für Softwaretechnologie  
Technische Universität Dresden  
Nöthnitzer Straße 46  
01062 Dresden  
christoph.seidl@tu-dresden.de

**Abstract:** Unter dem Begriff cyber-physikalisches System (CPS) versteht man die Kombination von eingebetteten Systemen und Software (*cyber*), die mit der physischen Welt interagiert (*physical*), wie beispielsweise Roboter. Um CPS im privaten Bereich einsetzen zu können, müssen Sicherheitsgarantien gegeben werden. Da sich die Anwendungen von CPS zur Laufzeit ändern, um sich der momentanen Aufgabe oder Umgebung anzupassen, können etablierte Techniken zur Sicherheitszertifizierung nicht ohne Weiteres angewendet werden. In der vorliegenden Arbeit wird daher der Forschungsansatz für ein System sicherheitszertifizierter CPS-Anwendungen vorgestellt, das die dynamische Rekonfigurierbarkeit von Anwendungen und Ansätze zur modularen Sicherheitszertifizierung in den Zyklus der Entwicklung, Distribution und Ausführung von CPS-Anwendungen integriert.

### 1 Einleitung

Unter dem Begriff cyber-physikalisches System (CPS) versteht man die Kombination von eingebetteten Systemen und Software (*cyber*), die mit der physischen Welt interagiert (*physical*), wie beispielsweise Roboter. Ein Ziel der Forschung der TU Dresden auf diesem Gebiet ist es, Grundlagen zu schaffen, um Roboter im häuslichen Bereich einsetzen zu können. In diesem Umfeld müssen Roboter unterschiedlichen Aufgaben nachgehen können, die evtl. erst nach der Auslieferung des Geräts und seiner Kontroll-Software bekannt werden. Durch die Interaktion mit der physischen Welt kann es bei dem Betrieb von CPS zu Gefahren für Umwelt und speziell menschliches Leben kommen. Daher müssen Mechanismen geschaffen werden, die mit der dynamischen und modularen Natur der Kontroll-Software vereinbar sind und den sicheren Betrieb von CPS gewährleisten. Die vorliegende Arbeit präsentiert einen Forschungsansatz auf diesem Gebiet.

Die Ausführungen sind wie folgt strukturiert: In Kapitel 2 werden Probleme mit etablierten Techniken zur Sicherheitszertifizierung diskutiert. In Kapitel 3 wird der Forschungsansatz zur Integration modularer Konfiguration und Sicherheitszertifizierung für CPS-Anwendungen vorgestellt. In Kapitel 4 werden angrenzende wissenschaftliche Arbeiten diskutiert, bevor die Arbeit in Kapitel 5 mit einer Zusammenfassung geschlossen wird.

## 2 Problem

Um Garantien bezüglich Sicherheit geben zu können, müssen Techniken zur Sicherheitsverifizierung von Software angewendet werden. Traditionell werden dazu Verfahren wie die Software Fault Tree Analysis (SFTA) eingesetzt, bei denen durch formalisiertes Expertenwissen über das Verhalten des zu überprüfenden Systems dessen Sicherheit bestätigt wird. Jedoch ist für diese Ansätze die Voraussetzung essentiell, dass die gesamte Anwendung in der Form zur Überprüfung vorliegt, in der sie später auch eingesetzt werden soll. Da sich die Konfiguration der Anwendungen für CPS zur Laufzeit ändern können sollen, wird diese Voraussetzung nicht erfüllt, sodass traditionelle Verfahren zur Sicherheitszertifizierung nicht ohne Weiteres eingesetzt werden können. Aus diesem Grund müssen bestehende Zertifizierungstechniken erweitert und neue Verfahren gefunden werden, um dynamische Anwendungen modular sicherheitszertifizieren zu können.

## 3 Forschungsansatz

Um eine modulare Sicherheitszertifizierung von CPS-Anwendungen zu ermöglichen, müssen Aktivitäten für die Rekonfiguration und die Zertifizierung mit der Entwicklung, Distribution und Ausführung der Kontroll-Software in Einklang gebracht werden. In der vorliegenden Arbeit wird dazu ein Ansatz mit drei Ebenen vorgestellt, der Basis weiterer Forschungsarbeiten sein soll (siehe Abbildung 1). *Ebene I* beinhaltet Aktivitäten und Artefakte, die den Lebenszyklus der Anwendung betreffen. *Ebene II* ist für die Erstellung und Änderung der Konfiguration der Anwendung verantwortlich und *Ebene III* umfasst Aspekte für die Sicherheitszertifizierung. In horizontaler Dimension wird unterschieden zwischen statischen bzw. dynamischen Aktivitäten, die vor bzw. während des Betriebs des betrachteten CPS ausgeführt werden. Die unterschiedlichen Ebenen mit ihren jeweiligen Aktivitäten werden in den folgenden Kapiteln im Einzelnen betrachtet.

### 3.1 Entwicklung, Distribution und Ausführung von Anwendungen (Ebene I)

Der grundsätzliche Lebenszyklus einer CPS-Anwendung im vorliegenden Ansatz gestaltet sich wie folgt: Unterschiedliche Anwendungsentwickler erstellen sog. *Apps* für einzelne Tätigkeiten von Robotern wie z.B. ein Handtuch holen (*Schritt A*). Diese Teilanwendungen werden über einen *Appstore* zur Verfügung gestellt, der den Vertriebsplattformen für Smartphones ähnlich ist (z.B. Android Market<sup>1</sup>). Darüber hinaus soll der Appstore über weiteres Wissen über die angebotenen Apps verfügen, wie z.B. eine Bewertung nicht-funktionaler Eigenschaften wie Energieverbrauch oder funktional äquivalente Anwendungen, die alternativ eingesetzt werden können. Besitzern eines Roboters sollen die auf das Gerät passenden Apps zur Auswahl gestellt werden, um so eine Anwendung für den Betrieb des CPS zusammen zu stellen, welche in der Folge ausgeführt wird (*Schritt B*).

---

<sup>1</sup><http://market.android.com>

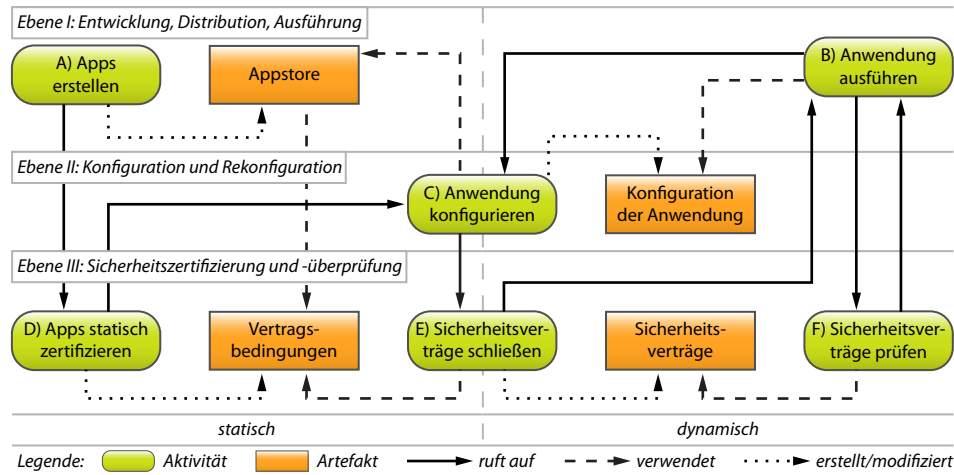


Abbildung 1: Übersicht über den Ansatz zur Sicherheitszertifizierung von CPS Anwendungen

### 3.2 Konfiguration und Rekonfiguration von Anwendungen (Ebene II)

Bereits für die Auswahl einer geeigneten Konstellation von Apps aus dem Appstore (*Schritt C*) wird ein Konfigurationswissen benötigt, das die erlaubten und unzulässigen Konfigurationen aus mehreren Apps beinhaltet. In technischer Sicht sind Software-Ökosysteme (SECOs) [Bos09], wie hier der Appstore mit den einzelnen Apps, und dynamische Software-Produktlinien (DSPLs) eng miteinander verwandt, sodass Techniken aus diesem Bereich für die dynamische Konfiguration über den Appstore verwendet werden können. In DSPLs werden individuelle Ausprägungen unterschiedlicher Varianten einer Anwendungsfamilie erfasst und durch einzelne Features dargestellt. Im Fall eines SECOs für CPS können die einzelnen Apps als Features der DSPL aufgefasst werden. So kann das bei DSPLs übliche Featuremodell verwendet werden, um die Konfigurationsmöglichkeiten im Appstore zu modellieren. Da sich das SECO selbst während des Betriebs weiterentwickeln kann, indem z.B. neue Apps angeboten werden, muss der Konfigurationsmechanismus auch damit umgehen können, dass sich nicht nur die Konfiguration sondern auch die Konfigurationsmöglichkeiten verändern. Um diese Form der dynamischen Evolution des SECOs zu erfassen, muss eine Erweiterung der Konzepte der DSPLs vorgenommen werden.

Da besonders in autonomen CPS wie Robotern viele Ressourcen wie CPU-Leistung oder Batterieladung stark beschränkt sind, ist eine Adaption des Verhaltens essentiell, um lediglich einen angemessenen Anteil der verfügbaren Ressourcen für eine Aktion in einer gewissen Situation aufzuwenden. Beispielsweise könnte der Energieverbrauch eines Roboters beim Zurücklegen eines Weges dadurch verändert werden, wie schnell beschleunigt bzw. abgebremst wird. Denkbar wäre dafür eine Realisierung über komponentenbasierte Technologien, wobei automatisch zur Laufzeit einzelne Apps gegen funktional gleichwertige mit günstigeren nichtfunktionalen Eigenschaften ausgetauscht werden, wie es z.B. Götz et al. vorschlagen [GWCA11].



### 3.3 Sicherheitszertifizierung und -überprüfung von Anwendungen (Ebene III)

Um den sicheren Betrieb von dynamisch konfigurierten Anwendungen zu gewährleisten, müssen Techniken zur modularen Sicherheitszertifizierung verwendet werden. Der Grundgedanke dabei ist, einen möglichst großen Teil der Zertifizierung statisch durchzuführen und die ordnungsgemäße Interaktion der unterschiedlichen Apps zur Laufzeit sicherzustellen.

Für den statischen Teil der Zertifizierung einzelner Apps (*Schritt D*) können prinzipiell bewährte Techniken wie die SFTA eingesetzt werden. Bei der SFTA werden ausgehend von einem unerwünschten Ereignis, wie z.B. dem Verletzen eines Menschen, durch logisches Rückwärtschließen sukzessive die Ursachen für dieses Ereignis ergründet, wodurch eine Baumstruktur entsteht, die die einzelnen Ereignispfade als Äste hat. Obwohl die SFTA die Möglichkeit vorsieht, einzelne Teilbäume in Module auszulagern, ist eine Wiederverwendung von Ergebnissen der Sicherheitsanalyse für einzelne Programmteile nicht ohne Weiteres möglich, da die Pfade der Fehlerpropagation nicht unbedingt mit den Grenzen eines Programmmoduls übereinstimmen. Eine Erweiterung der SFTA um ein Komponentenkonzept, wie es beispielsweise Kaiser et al. [KLM03] vorstellen, würde es ermöglichen, einzelne Teile eines Fault Trees zusammen mit abgegrenzten Teilen der Programmfunktionalität (wie z.B. Apps) wiederzuverwenden, und so den Aufwand dynamischer Verifizierung reduzieren.

Um die Sicherheit der Anwendung auch während der Ausführung gewährleisten zu können, sollen Sicherheitsverträge zwischen den einzelnen Apps geschlossen werden (*Schritt E*). Die Verträge enthalten zugesicherte Eigenschaften einer App sowie Vorbedingungen, die erfüllt werden müssen, um diese Eigenschaften im Betrieb zu gewährleisten. Die grundlegenden Konditionen für die Verträge sollen aus der statischen Sicherheitsanalyse gewonnen werden, wo sowohl qualitativ bestimmt wird, welche Größen relevant sind, als auch quantitativ, welche Werte zulässig sind, um einen sicheren Betrieb gewährleisten zu können. Beispielsweise könnte in einem Sicherheitsvertrag zugesichert werden, dass ein Bremsvorgang innerhalb von höchstens einer Sekunde zum Stillstand führt, sofern eine Ausgangsgeschwindigkeit von 10 km/h nicht überschritten wurde. Die verwendeten Sicherheitsverträge müssen nach jeder Änderung der Konfiguration der Anwendung angepasst werden. Zur Laufzeit muss danach die Einhaltung der Verträge überwacht (*Schritt F*) und bei einer Verletzung eine geeignete Sicherheitsfunktion ausgeführt werden, indem z.B. das System zum Stillstand gebracht und ein Anwender zum weiteren Vorgehen befragt wird.

## 4 Verwandte Arbeiten

Für die Rekonfiguration im vorliegenden Ansatz ist die Arbeit von Bosch [Bos09] von grundlegender Bedeutung, da sie die Beziehung von DSPLs und SECOs behandelt und dadurch wichtige Erkenntnisse für die Verwendung von DSPL-Techniken für die Konfiguration über den Appstore liefert. In [GWCA11] stellen Götz et al. einen komponenten-



basierten Ansatz vor, durch den ein System durch Änderung der Konfiguration bezüglich mehrerer nichtfunktionaler Eigenschaften optimiert werden kann. Dieser Ansatz kann mit DSPL-Techniken kombiniert werden und bildet dadurch eine geeignete Grundlage für den Rekonfigurationsmechanismus. In [KLM03] stellen Kaiser et al. ein Komponentenkonzept für Fault Trees vor, das für die statische Sicherheitszertifizierung relevant erscheint, weil dadurch ein Teil der Zertifizierung für einzelne Apps getrennt voneinander vorgenommen werden kann. Darüber hinaus stellt die Arbeit von Schneider & Trapp an konditionalen Sicherheitszertifikaten [ST10] eine Basis für den dynamischen Teil der Zertifizierung dar.

## 5 Zusammenfassung

Um CPS wie Roboter im privaten Umfeld einzusetzen, muss ein System Sicherheitsgarantien geben können, die über eine entsprechende Zertifizierung bestätigt werden. Bestehende Ansätze zur Sicherheitszertifizierung sind nicht darauf ausgelegt, mit der modularen und dynamischen Natur der Kontroll-Software in CPS umzugehen. Daher müssen Ansätze und Erweiterungen gefunden werden, um eine modulare Sicherheitszertifizierung zu ermöglichen, die es erlaubt, ein System im laufenden Betrieb neu zu konfigurieren und trotzdem eine Garantie bezüglich sicheren Verhaltens zu geben. Gefördert durch den Europäischen Sozialfonds (ESF) und den Freistaat Sachsen sollen im Rahmen des Projektes VICCI (#100098171) an der TU Dresden unter anderem die hier aufgebrachten Fragen zur modularen Sicherheitszertifizierung von Anwendungen aus einem SECO für CPS untersucht und beantwortet werden.

## Literatur

- [Bos09] Jan Bosch. From Software Product Lines to Software Ecosystems. In *Proceedings of the 13th International Software Product Line Conference, SPLC '09*, 2009.
- [GWCA11] Sebastian Götz, Claas Wilke, Sebastian Cech und Uwe Aßmann. Runtime Variability Management for Energy-efficient Software by Contract Negotiation. In *Proceedings of the 6th International Workshop Models@run.time (MRT 2011)*, 2011.
- [KLM03] Bernhard Kaiser, Peter Liggesmeyer und Oliver Mäkel. A New Component Concept for Fault Trees. In *Proceedings of the 8th Australian workshop on Safety critical systems and software - Volume 33, SCS '03*, 2003.
- [ST10] Daniel Schneider und Mario Trapp. Conditional Safety Certificates in Open Systems. In *Proceedings of the 1st Workshop on Critical Automotive applications: Robustness & Safety, CARS '10*, 2010.

## Interaktive 3D-Messepräsentation zur inter airport Europe

Prof. Dr.-Ing. R. Stelzer, Dr.-Ing. W. Steger, Dipl.-Ing. E. Steindecker

TU Dresden  
Institut für Maschinenelemente und Maschinenkonstruktion  
Lehrstuhl Konstruktionstechnik/CAD  
George-Bähr-Str. 3c  
01069 Dresden  
ralph.stelzer@tu-dresden.de

**Abstract:** Aller zwei Jahre findet die inter airport Europe in München als bedeutende Fachmesse für die Flughafenbranche statt. Die Zacher GmbH aus Dresden präsentiert dort Arbeitsbühnen und Docking-Systeme für die Wartung von Flugzeugen auf dem Rollfeld oder im Hangar. Bereits zum zweiten Mal entschied sich Zacher, eine großformatige 3D-Projektion als Blickfang in den Messestand zu integrieren. Idee und Umsetzung des Messestandes lagen bei Holger Siegert Projektbüro für Marketing. Vom Lehrstuhl Konstruktionstechnik/CAD der Technischen Universität Dresden wurde eine animierte 3D-Szene realisiert und das Projektionssystem gestellt. Eine großformatige 3D-Projektion bietet Messebesuchern die Gelegenheit, räumlich ausgedehnte Produkte in ihrer Funktion auf der begrenzten und teuren Messefläche zu erleben.

### 1 Messeszene und Steuerung

Die Messeszene zeigt einen Airbus A380, der rückwärts in ein Docking-System für Leitwerk und Tragfläche fährt. Nachdem das Flugzeug geparkt ist, fährt die Kamera vom Heck zum Bug des A380 und zeigt dabei verschiedene Komponenten des Docking-Systems. Am Flugzeugbug befindet sich eine Arbeitsbühne, die ans Flugzeug herangefahren wird und auf Höhe der Pilotenkanzel ausfährt. Im Weiteren schwenken Plattform und Schutzgeländer aus. Dieser Abfolge wird als Endlosschleife gezeigt und kann zu einem beliebigen Zeitpunkt unterbrochen werden.

Nach einer Unterbrechung ist die „manuelle“ Bedienung der Arbeitsbühne möglich. Beispielsweise können durch das Standpersonal die Verstellmöglichkeiten der Bühne über Tastaturkommandos demonstriert werden. Gleichungen in der 3D-Szene beschreiben die möglichen Bewegungen, die solange ausgeführt werden, wie die entsprechenden Tasten gedrückt sind. Als besonderes Highlight wird der Messebesucher selbst aktiv. Er kann in die Rolle eines Lotsen schlüpfen und die Arbeitsbühne dirigieren (Abbildung 1). Die Steuerung erfolgt nun durch Körpergesten, die in ähnlicher Art auf dem realen Rollfeld zur Verständigung zwischen Bodenpersonal und Flugzeugbesatzung zu beobachten sind.



Abbildung 1: Gestensteuerung der 3D-Szene

Der Besucher wird mit dem Kamerasystem Kinect von Microsoft aufgenommen. Aus den Bilddaten wird die aktuelle Körperhaltung errechnet und auf ein Skelettmodell mit Gelenkpunkten abgebildet (Abbildung 2), [SL11]. Sobald vordefinierte Gelenkpositionen erreicht bzw. überschritten werden, löst die Software Events zur Steuerung der Arbeitsbühne aus. Es wurden insgesamt acht eindeutig unterscheidbare Gesten hinterlegt. Die Gesten müssen darüber hinaus von zufällig im Kundengespräch auftretenden Kommunikationsgesten unterschieden werden. Dies wurde erreicht, indem ausschließlich Gesten verwendet wurden, die sich auf beide Arme beziehen. Der rechte Arm zeigt die eigentliche Steuergeste, der linke Arm eine allgemeingültige Aktivierungsgeste.



Abbildung 2: 3D-Szene mit eingeblendetem Skelettmodell

## 2 Erfahrungen

Für die erfolgreiche Konzipierung und Umsetzung einer interaktiven Messepräsentation ist eine mehrmonatige Zusammenarbeit mit Auftraggeber und Messebau wichtig. Mit der Marketingabteilung muss unter Vorgabe der zu präsentierenden Produkte ein geeignetes Szenario entwickelt werden. Die vorhandenen Produktdaten sind zu sichten und zu übergeben. Zusätzlich erforderliche Modelle müssen spezifiziert werden. Sobald Fragmente oder Prototypen der geplanten Szene vorhanden sind, sollten diese diskutiert werden. Das sollte möglichst nicht am Desktop sondern bereits am vorgesehenen Projektionssystem erfolgen. Die direkte Beteiligung des Unternehmens am Entstehungsprozess ist wichtig für die kritische Bewertung und erfolgreiche Umsetzung. Mit den Vertriebsmitarbeitern und dem Standpersonal müssen Präsentationsschwerpunkte, Abläufe und Bedienung abgestimmt werden, um einen reibungsfreien und harmonischen Messeauftritt zu garantieren. Die optimale Integration des Projektionssystems in den Messestand erfordert eine enge Abstimmung mit dem Messebau.

Das Equipment und die realisierte Szene erwiesen sich unter Messebedingungen als robuste Lösung. Zum Einsatz kamen eine passive 3D-Rückprojektion mit linearen Polfiltern, ein Kamerasystem und eine Workstation. Das System funktionierte über den gesamten Messeverlauf störungsfrei und musste nicht nachjustiert werden. Messebesucher empfanden die Gestensteuerung als interessante Alternative und gelungene Abwechslung. Die moderne Art der Produktpräsentation unterstützte die Darstellung des Unternehmens als technikbegeisterte und technologisch innovative Firma.

## Literaturverzeichnis

- [SL11] Suma, E.; Lange, B. et.al.: FFAST: The Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit. In IEEE Virtual Reality, Singapore, 2011.

## ISO 26262 – A Work Product oriented View

Prof. Dr. Bernhard Hohlfeld

ICS AG  
Sedanstrasse 14  
89077 Ulm  
bernhard.hohlfeld@ics-ag.de

**Abstract:** 26262 „Road vehicles - Functional safety“ [1] defines a V-model based reference process model for the different processes of product development. The processes are further refined into process phases. For each process phase resulting work products and information needed from previous process phases are defined. Some work products are results of only one process phase, e.g. the work product „Software architectural design specification“ is result only of the process phase „Software architectural design“. In this case the structure of the document describing the work product can easily be derived from ISO 26262. Some work products however are refined in several process phases, e.g. the work product „Software verification plan“. In this case the information needed for the corresponding document is spread over several process phases and even several parts of ISO 26262. Based on experiences in other domains and on first 26262 projects a work product and document oriented view on ISO 26262 is proposed.

### 1 Product development according to ISO 26262

As usual in developing embedded systems consisting of hardware and software product development according to ISO 26262 begins at the system level and follows a V-Model. In the process phase „System design“ the system is decomposed into subsystems and/or hardware and software components. The subsystems are further decomposed until arriving at the hardware/software level. Both hardware development and software development follows a V-Model also. The hardware and software components are integrated in the process phase „Item integration and testing“, and system development continues.

In this paper only product development at the software level is presented in detail, but most of the arguments and results apply to hardware development and system development as well.

Software development consists of seven process phases. For each process phase resulting work products and input needed are defined. Input can be work products resulting from previous process phases or external information, e.g. design and coding standards.

Among the work products of the process phase „Software architectural design“ are the Software architectural design specification and the Safety plan. Among the input needed are the Software verification plan and the Safety plan. The Safety plan is both input and output of the process phase „Software architectural design“. Commonly this is defined as refinement of the Safety plan during Software architectural design.

## 2 Example of an ISO 26262 Work product: „Software architectural design specification“

The Software architectural design specification (Table 1) is an example for a „simple“ ISO 26262 work product. It is output only of the process phase „Software architectural design“, it is input only of the process phase „Software unit design and implementation“.

Software architectural design specification	
6-7 Software architectural design	Output
6-8 Software unit design and implementation	Input

Table 1: Work product Software architectural design specification  
(Software development) Result of analysis of ISO 26262-6

In chapter 7.5 „Work products“ of „Software architectural design“ it is described where to find the requirements for a Software architectural design specification according to ISO 26262: Software architectural design specification resulting from requirements 7.4.1 to 7.4.6, 7.4.9, 7.4.10, 7.4.14, 7.4.15 and 7.4.17.

These requirements are part of chapter 7.4 „Requirements and recommendations“ of „Software architectural design“. Requirement 7.4.2 e.g. describes some criteria for a good software architecture like verifiability, testability, and maintainability.

All in all a Software architectural design specification according to ISO 26262 has to comply with 11 requirements which are described in about 5 pages of text. This is not „simple“ at all, but all the information needed is concentrated in chapter 7.4 Requirements and recommendations of „Software architectural design“. And this is „simple“ w.r.t to e.g. the work product Software verification plan (Part 3 of this paper).

## 3 Example of an ISO 26262 Work product: „Software verification plan“

The work product Software verification plan is output of the process phase „Initiation of product development at the software level“. It is refined in 4 other process phases of the

software development. In this sense the Software verification plan is more complicated than the Software architectural design specification and the Software unit design specification.

The requirements the Software verification plan has to comply with are hence distributed on 5 chapters „Requirements and recommendations“ in 5 process phases of software development. This seems to be complicated, but it is even worse: ISO 26262 has no (explicit) information on modification and use of work products. To find out where the Software verification plan is modified or needed ISO 26262 Part 6 in total (52 pages) has to be analyzed. The result is summarized in Table 2.

Version of Software verification plan	6-5.5.2	6-6.5.3	6-9.5.1	6-10.5.1	6-11.5.1
6-5 Initiation of product development at the software level	Output				
6-6 Specification of software safety requirements	Input	Output			
6-7 Software architectural design		Input			
6-8 Software unit design and implementation		Input			
6-9 Software unit testing		Input	Output		
6-10 Software integration and testing			Input	Output	
6-11 Verification of software safety requirements				Input	Output

Table 2: Work product Software verification plan (Software development)  
Result of analysis of ISO 26262-6

In table 2 the different Software verification plans as output of five process phases of software development are described as versions of one document. This is conformal to ISO 26262 but not mandatory: „The documentation can be in the form of a single document containing the complete information for the work product or a set of documents that together contain the complete information for the work product.“ (ISO 26262 [1] 8-10.4.2 Supporting processes - Documentation)

So far only modification and use of work products during software development has been discussed. But there are work products which are modified and/or needed in different parts of ISO 26262. The Safety plan e.g. is modified and/or needed in process phases of 5 parts of ISO 26262. A table corresponding to tables 1 and 2 would not fit on one page.

## 4 A Work Product Oriented View on ISO 26262

Based on experiences in other domains (railways, aerospace) and on 26262 projects a work product and document oriented view on ISO 26262 is proposed. Work products, roles, project structures, templates for documents, and methods and tools are examined. The examples in this paper have been elaborated „by hand“. In order to apply our approach to ISO 26262 in total it is necessary to model ISO 26262 and to automatically generate the information e.g. in tables 1 - 3.

### 4.1 Work products

- Which process phases need the work product as input?
- In which process phases the work product is output (generated or refined)?

The result is the information as contained in tables 1 and 2.

### 4.2 Roles

Role	Safety management	Software development	...
Project plan	contributing	contributing	
Safety plan	responsible	contributing	
Software architectural design specification		responsible	
...			

Table 3: Roles in ISO 26262 - to be defined

A part from some remarks on e.g. the role of Safety management ISO 26262 does not have an explicit definition of roles. In process models like V-Modell XT [2] roles are defined by

- the work products, the role is responsible for
- the work products, the role is contributing to
- for each work product exactly one role is responsible
- each role is responsible for at least one work product or contributes to at least one work product

The result of applying this to ISO 26262 is information as contained in Table 3.

### 4.3 Project structure

As result of a tool-based gap analysis (Development process as is vs. Development process according to ISO 26262) the work packages to be delivered in a project according to ISO 26262 are identified.



#### 4.4 Templates for documents

Templates both generic and according to standards (e.g. EN 50126 [3], EN 50128 [4], and EN 50129 [5] for railways) have proven of value in projects for safety critical applications. Among the other templates used by ICS AG are Safety plan, Validation plan and Documentation plan.

How to structure the documents needed to describe the work products according to ISO 26262? We suggest to extend the tables describing work products (Examples: Tables 1 and 2) by the information for the work products found in the respective chapters „Requirements and recommendations“ of the respective process phases.

#### 4.5 Methods and tools

ISO 26262 gives recommendations on the use of methods (not discussed in this paper) but does in general not prescribe which methods are to use. In order to select methods for a project according to ISO 26262 the following criteria should be taken into consideration:

- Tool support for the methods
- Degree of maturity and proven in use of the methods
- Suitability for the project
- Costs (Installation, maintenance, training)
- Availability and experiences in the organization.

#### Bibliography

- [1] ISO 26262: Road vehicles - Functional safety, 2011.
- [2] V-Modell XT, Version 1.3. <http://www.v-modell-xt.de>, 2010.
- [3] EN 50126: Railway applications - The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS) - Basic requirements and generic process. CENELEC, 1999.
- [4] EN 50128: Railway applications - Communications, signalling and processing systems - Software for railway control and protection system. CENELEC, 2001.
- [5] EN 50129 EN 50129: Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Safety related electronic systems for signalling. CENELEC, 2003.

## Ein interaktives Visualisierungswerkzeug für das Technologie-Daten-Management produktionstechnischer Systeme

Sandra Olbrich, Jens Krzywinski

Professur für Konstruktionstechnik/CAD, Zentrum für Technisches Design  
Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen  
01062 Dresden  
sandra.olbrich@gmail.com  
jens.krzywinski@tu-dresden.de

**Abstract:** Dieser Beitrag stellt die Konzeption und Entwicklung eines interaktiven Werkzeugs zur Visualisierung komplexer technologischer Zustände und Zusammenhänge einer Anlage zur Produktion eines Faserverbundbauteiles dar. Erstmals wurde dabei versucht, eine einheitliche Visualisierung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen für die Phasen der Entwicklung und des Betriebs sowie die dabei involvierten unterschiedlichen Akteure zu realisieren. Das daraus gewonnene Verständnis soll es ermöglichen das Potenzial moderner Steuerungs- und Regelungstechnik besser auszuschöpfen.

### 1 Problemlage und Zielstellung

Produktentwicklung und Marketing sehen sich nach wie vor mit einer Diversifizierung von Produktportfolios, erhöhter Komplexität sowie umfassenderen Individualisierung von Konsum- wie Investitionsgütern bei gleichzeitig kürzer werdenden Produktlebenszyklen konfrontiert. Von diesem anhaltenden Trend ist auch die Produktionstechnik betroffen.

Die allgegenwärtige Digitalisierung ermöglicht es im Produktionsprozess nahezu jeden erdenklichen Prozessparameter aufzunehmen und die Werte zu speichern. Aufgrund der Datenmenge, komplexer Zusammenhänge und dynamischen Verhaltens sind klassische Mittel wie Datenbanken oder Tabellen kaum geeignet die Prozesse nachvollziehbar darzustellen.

Das Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik (IWM) der TU Dresden verfolgt innerhalb des Sonderforschungsbereiches 639 das Ziel, anhand des Herstellungsprozesses des Faserverbundbauteiles *Dämpferdom* beispielhaft Prozessabhängigkeiten zu modellieren und zu simulieren. Dieser Beitrag zeigt ein Werkzeug zur Visualisierung dieser komplexen Informationen für die Phasen der Produktionsvorbereitung und der Produktion, welches am Zentrum für Technisches Design in Zusammen-

arbeit mit dem IWM entstanden ist. Das daraus gewonnene Verständnis soll es ermöglichen das Potenzial moderner Steuerungs- und Regelungstechnik besser auszuschöpfen. Im Kontext der Informationsvisualisierung stellen insbesondere die menschlichen Fähigkeiten zur Wissensassoziation und -konstruktion, zur Vervollständigung von fragmentierten Daten oder zur sehr schnellen Identifikation eines Zielobjektes unter einer Vielzahl von Objekten bei entsprechender grafischer Darstellung als Ergänzung hoher Rechenkapazitäten ein großes Potenzial dar [PD10]. Der durch die Visualisierung angestrebte Erkenntnisgewinn betrifft im beschriebenen Beispiel in der Phase der Produktionsplanung und -vorbereitung überwiegend das (gerichtete und ungerichtete) explorative Analysieren von Informationsräumen, das Finden und Verifizieren von Erklärungen, Mustern und Besonderheiten, die Entscheidungsunterstützung sowie die erkennbare Darstellung von Fakten zur Identifikation von Dritten [CA99], [SM00], [PD10]. Dabei liegen die Schwerpunkte in der Phase der Produktionsplanung und -vorbereitung in der Exploration und Explanatation und Entscheidungsfindung in interdisziplinären Teams, in der Phase der Produktion in der Konfirmation und Entscheidungsfindung für Facharbeiter.

## 2 Lösungsansatz

### 2.1 Methodik

Zur Unterstützung der informationsbasierten und kommunikationsintensiven Entwicklungsprozesse, die das interdisziplinäre Vorgehensmodell der Integrierten Produkt- und Prozessgestaltung bewirkt, wurde ein Beschreibungs- und Entscheidungshilfsmittel zur Handhabung produktionstechnischer Prozesse konzipiert. Auf der Basis grundlegender Eigenschaften und aktueller Trends der Visualisierung von Informationen wurde eine geeignete visuelle Darstellungsform zur Beschreibung von Wirkungsabhängigkeiten des produktionstechnischen Aufgabenspektrums entwickelt. Auf Grund der zahlreichen Disziplinen, in denen Visualisierungen eingesetzt und erarbeitet werden, wurde anhand der von [PD19], [FB08] und [SM00] beschriebenen Einflussfaktoren einer nutzerzentrierten Methodik generiert. Die Ergebnisse der iterativ durchlaufenen Schritte *Aufgaben, Nutzer, Datengrundlage und -analyse* sowie *grafische Repräsentation und Ausgabemedium* werden nachfolgend dargestellt.

### 2.2 Aufgaben

Die zunehmende Komplexität produktionstechnischer Systeme erfordert eine geeignete Externalisierung der Wirkungszusammenhänge produktionstechnischer Parameter. Obwohl eine vielseitige Unterstützung von Routinearbeiten durch CAx-Systeme gewährleistet wird, fehlen computergestützte Werkzeuge zur Handhabung des Technologiewissens. Dabei ist eine interaktive Konfiguration und phasenadaptive Erweiter- und Veränderbarkeit eine wesentliche Eigenschaft des Visualisierungswerkzeugs.

Das konzipierte Visualisierungswerkzeug ermöglicht das phasenadaptive Ablegen und zielgerichtete Explorieren von produktionstechnischen, komplexen Wirkungszusammenhängen. Es zeigt durch die Visualisierung dieser Zusammenhänge Möglichkeiten der zielgerichteten Prozessbeeinflussung auf und bietet eine qualitative Simulation von Systemverhalten. Es dient somit sowohl als Beschreibungswerkzeug für die interdisziplinäre Projektbearbeitung als auch als Werkzeug für die Entscheidungsfindung des Fertigungsingenieurs zur Planung, Bewertung und Steuerung von produktionstechnischen Prozessen.

### **2.3 Zielgruppe**

Das Verständnis produktionstechnischer Systeme ist vor allem in den fertigungsplanenden und -steuernden Bereichen von Bedeutung. Der primäre Nutzer des Visualisierungswerkzeugs ist der Fertigungsingenieur, welcher die Wirkungsabhängigkeiten durch Fachwissen und Untersuchungen (in Zusammenarbeit mit der Forschung & Entwicklung) generiert sowie vorhandene Informationen abfragt. Der Fertigungsingenieur ist mit Visualisierungen im Allgemeinen vertraut und besitzt ein stark ausgeprägtes mentales Modell des Fertigungsprozesses, dass sich an grafischen Modellen [DM01] und realen Fertigungsprozessen orientiert. Es können fachspezifische Abkürzungen für Bezeichnungen (Formelzeichen) und eine hohe Detaillierungsgrad der Darstellung verwendet werden.

Sekundäre Nutzer des Visualisierungswerkzeugs sind mit dem Fertigungsingenieur in Austausch stehende Abteilungen wie Konstruktion, Forschung und Entwicklung, Einkauf und Vertrieb als auch die Fertigung. Obwohl diese Nutzergruppen individuelle Anforderungen und Charakteristika besitzen, können sie zunächst auf Grund eines gemeinsamen Aspektes zusammengefasst werden: Sie besitzen ein geringeres Fachwissen über den Fertigungsprozesse als der Fertigungsingenieur und benötigen meist weniger detaillierte Ansichten der Abhängigkeiten. Fachbezeichnungen sind diesen Nutzern eher nicht geläufig, sodass möglichst verbalisierte Bezeichnungen verwendet werden sollten. Teilweise besitzen sie nur geringe Erfahrung mit Visualisierungen im Allgemeinen.

### **2.4 Daten**

Die visualisierten Daten wurden am IWM innerhalb des Teilprojektes E2 „Datenbankgestützte Prozesskettenanalyse“ des Sonderforschungsbereiches 639 aufgenommen und in statistisch aufbereiteter Form zur Verfügung gestellt. Die visualisierungsrelevante Aufbereitung der Daten erfolgte nach [BJ11].

### **2.5 Repräsentation und Medium**

Das Visualisierungswerkzeug nutzt eine Kombination verschiedener etablierter Darstellungsformen von Wirkungszusammenhängen. Basierend auf gerichteten Knoten-Kanten-Darstellungen wie Kausaldiagrammen erweitert das Tool, bedingt durch die

Anwendung in verschiedenen produktionstechnischen Phasen, deren Darstellungs-konventionen um Konventionen des produktionstechnischen Bereiches. In Zusammen-hang mit den visualisierungsrelevante Kategorien (für die Knoten z.B. Material oder Werkzeug, für die Kanten: vermutet - bestätigt oder Korrelation - Wirkung) und deren Bedeutung können verschiedene „visuelle Variable“ zu Kodierung der Information genutzt werden [BJ11], [GM08]. Das von [DW01] beschriebene grafische Modell des Fertigungsprozesses spielt als Orientierung anhand produktionstechnischer Darstellungs-konventionen eine wichtige Rolle.

Das interaktive Visualisierungswerkzeug ist in der aktuellen Phase des Projektes als ein Desktop-Softwaretool prototypisch umgesetzt. Vor allem die Nutzung vorhandenen Prozesswissens und die Möglichkeit der qualitativen Simulation macht eine mobile Anwendung auf Tablett-PCs oder auch Smartphones denkbar und erstrebenswert.

### 3 Ergebnis

Das Ergebnis ist ein gerichteter Knoten-Kanten-Graph, der durch Auswahl einzelner Knoten oder über Kategorie-Filter in seinem Detaillierungsgrad manipuliert werden kann. Es werden zwei Ansichten angeboten: Die Ansicht *Netzwerk* zeigt eine Positionierung der Parameter hinsichtlich deren Verknüpfungsgrad (Abbildung 1). Die Ansicht *Map* sortiert die Knoten hinsichtlich der Position innerhalb des produktions-technischen Prozesses und stellt damit eine Vergleichbarkeit zum Modell des Fertigungsprozesses dar. Innerhalb beider Visualisierung ist eine qualitative Manipulation durch die Veränderung der Größe der Knoten und damit eine explorative Bewertung des Systemverhaltens möglich.

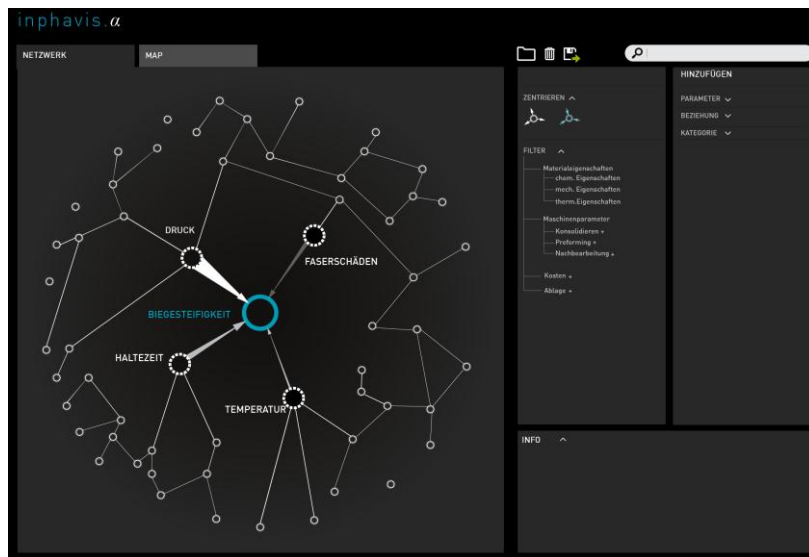


Abbildung 1: Visualisierungswerkzeug inphavis.alpha (Projektstand 12.3.12)

## 4 Ausblick

Der Visualisierungsprototyp *inphavis.a* ist innerhalb einer Belegarbeit am Zentrum für Technisches Design als Konzept für das angestrebte Forschungsprojekt *inphavis* entstanden und veranschaulicht die Möglichkeiten einer interaktiven Visualisierungs-umgebung für das Technologie-Daten-Management in produktionstechnischen Systemen. Zur Entwicklung einer einsatzfähigen Anwendung sind die vorgeschlagenen grafischen Elemente, Manipulations- und Interaktionsformen und deren Leistungsfähigkeit im Sinne einer anforderungsgerechten Visualisierung mit Nutzern zu evaluieren und weiter zu entwickeln. Des Weiteren ist eine softwaretechnische Umsetzung zu realisieren. Diese ist auch im Sinne einer Integration in die bereits vorhandene CAX-Landschaft hin zu konzipieren .

## Literaturverzeichnis

- [BJ11] Bertin, J.: Grafische Semiologie. Diagramme - Netze - Karten. 2., übersetzte Auflage, Walter DeGruyter-Verlag, Berlin, 2011.
- [CA99] Card, S.; MacKinlay, J.D.; Shneiderman, B.: Readings in information visualization. Usind vision to think. Morgan Kaufman Publishers Inc, San Francisco, 1999.
- [CR96] Coyle, R.G.: System Dynamics modelling. A practical approach. Chapman & Hall, London, 1999.
- [DW01] Dangelmaier, W.: Fertigungsplanung: Planung von Aufbau und Ablauf der Fertigung. Grundlagen, Algorithmen und Beispiele. 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin, 2001.
- [FB08] Fry, B.: Visualizing Data. Exploring and Explaining Data with the Processing Environment. O'Reilly Media Inc, Sebastopol, 2008.
- [GM98] Green, M.: Towards a Perceptual Science of Multidimensional Data Visualization: Bertin and Beyond. Verfügbar unter: [http://graphics.stanford.edu/courses/cs448b-06-winter/papers/Green\\_Towards.pdf](http://graphics.stanford.edu/courses/cs448b-06-winter/papers/Green_Towards.pdf), Letzter Zugriff: 22.11.2011, 1998.
- [PD10] Preim, B.; Dachselt, R.: Interaktive Systeme. Band 1: Grundlagen, Graphical User Interfaces, Informationsvisualisierung. 2. Auflage. Springer-Verlag, Heidelberg , 2010
- [SM00] Schuhmann, H.; Müller, W: Visualisierung. Grundlagen und allgemeine Methoden. Springer-Verlag, Berlin, 2000.

## **Datengetriebene Entwicklung technologisch-statistischer Modelle**

Gunnar Dietz, Martin Jührisch

Symate GmbH  
c/o Technische Universität Dresden  
Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik  
01062 Dresden  
gunnar.dietz@symate.de  
martin.juhrisch@symate.de

**Abstract:** Prinzipiell stehen produzierenden Unternehmen gegenwärtig mehr denn je Daten zur Ermittlung optimaler Prozesseinstellungen zur Verfügung. Entlang einer produktionstechnologischen Prozesskette werden Daten kontinuierlich an den Schnittstellen zur Maschinentechnik und Sensorik sowie in Form manueller Bedienereingaben (Kommentare, Fehlerbeschreibungen etc.) aufgenommen. Für deren zielgerichtete Auswertung und Nutzbarmachung für technologische Problemstellungen existierte allerdings bisher keine methodische Unterstützung. Die Symate GmbH hat ein integriertes Technologiedatenmanagement-System entwickelt, in dessen Kern datengetriebene Modelle in Verbindung mit physikalischen Grob-Modellen zur Optimierung in der Produktionstechnik erzeugt und eingesetzt werden können. Die Kombination von empirisch-physikalischen Modellen mit datengetriebenen statistischen Modellen erlaubt den Zuschnitt der mathematischen Verfahren auf eine spezielle technisch-technologische Problemstellung sowie die Präzisierung von vorhandenem Erfahrungswissen zu quantifizierbarem Prozesswissen für eine konkrete Fertigungsaufgabe mit speziellen Rahmenbedingungen. Der datengetriebene Einsatz ist auch dann möglich, wenn bislang keine empirischen Modelle vorliegen.

### **1 Einleitung**

Die Forderung nach effizienter und Ressourcen schonender Produktion ist in komplexen Fertigungsumgebungen oftmals nur aufwendig in optimaler Weise umzusetzen. Abhängigkeiten zwischen einzelnen Prozessschritten in der Produktion sowie komplexe Einsatzmöglichkeiten und Einstellungsmöglichkeiten der beteiligten Maschinen (bzw. Maschinenkomponenten) und Materialien machen es schwer, Vorhersagen über die Auswirkungen von Änderungen am Fertigungsprozess zu treffen.

Gerade bei komplexen mehrstufigen Fertigungsprozessen in Verbindung mit neuartigen Werkstoffsystemen und komplizierten Maschinensteuerungen fehlen zu Beginn der Technologieentwicklung anwendungsbereite Erfahrungen so dass diese Prozessketten später hochgradig schwankungs- oder fehleranfällig bleiben. Es bedarf eines grundlegenden Verständnisses der produktionstechnologischen Zusammenhänge, um den Fertigungsprozess

kontrollieren zu können und um mit diesem Verständnis Störfaktoren und auftretende Probleme auszuschließen und Produktionseffizienz und stabile Produktionsqualität abzusichern.

In diesem Beitrag wird ein Ansatz vorgestellt, mit dem existierende Produktions- und Anlagendatenbestände zum systematischen Aufbau quantifizierbaren Prozesswissens nutzbar gemacht werden können. Damit werden insbesondere produzierende und materialverarbeitende Unternehmen in die Lage versetzt, ihr vorhandenes Technologiewissen zu vertiefen.

## 2 Theoretischer Hintergrund

Bisher eingesetzte Methoden der Datenanalyse sind oft starr und auf die jeweilige Problemsituation angepasst. Hierzu zählen insbesondere die Benutzung physikalischer Zusammenhänge und Modelle sowie die Nutzung statistischer Methoden. Bei einer Modifikation der Ausgangssituation (wie andere Maschineneinstellungen, andere Vorgaben für Energieverbrauch oder Zeit oder andere Materialien) versagt die Vorhersagekraft dieser Methoden. Eine Lösung, die sich automatisch an neue Situationen und Vorgaben anpasst, ist nötig.

“(Prozess-)Wissen” bedeutet insbesondere, dass man in der Lage ist, eine bestimmte Situation zu verstehen und die richtigen Schlüsse betreffend möglicher Handlungen und deren Konsequenzen ziehen zu können. Insbesondere beinhaltet dies die Möglichkeit, Vorhersagen treffen zu können. In Bezug auf einen Produktionsprozess bedeutet dies also, bei bekannten Eigenschaften der eingehenden Werkstücke, bekannten Maschinen- und Werkzeugeinstellungen sowie bekannten Umgebungseinflüssen prinzipiell sagen zu können, welche Eigenschaften beim ausgehenden Werkstück zu erwarten sind (und gegebenenfalls was während des Produktionsprozesses genau passiert).

Formalisiert man eine solche Vorhersagemöglichkeit, so entsteht daraus ein Modell. Diese können in sehr unterschiedlicher Form existieren und ebenso unterschiedlich funktionieren. Insbesondere ist aber der Entstehungsprozess solcher Modelle sehr unterschiedlich. Bei dieser Modellerstellung kommt immer ein gewisser empirischer Anteil zu tragen, der Erfahrungen und Annahmen im Modell formalisiert. Dabei entstehen im Normalfall zunächst Modellfamilien, welche sich im einfachsten Fall durch Modellparameter unterscheiden. Diese gilt es dann im nächsten Schritt für einen konkreten (Produktions-)Fall zu finden.

Eine Modell-Parametrierung kann natürlich auch auf Basis von Erfahrungen und/oder Schätzungen erfolgen, sollte im Normalfall aber auf konkreten Daten basieren. Hierzu werden im Normalfall Experimente bei bestimmten (wechselnden) Eingangsgrößen gemacht und das Ergebnis entsprechend festgehalten. Nun geht es darum, das Modell (also die Modellparameter) solange anzupassen, bis das Modell die Experimentaldaten am besten wiedergibt. Diese zentrale Frage, was “am besten” eigentlich heißt, soll im Folgenden exemplarisch erörtert werden.



### 3 Statistische Modelle und theoretische Simulationsmodelle

Die oben genannte Frage, was ein “gutes” Modell ist, stellt sich als alles andere als trivial heraus. Es gibt diverse Standard-Methoden, wie z. B. die Methode der kleinsten Quadrate, welche aber alle nicht bloß ihre Vor- und Nachteile haben, sondern oft auch unpassend sind und zu falschen Ergebnissen führen. Exemplarisch sollen hier die Schwierigkeiten bei der Erstellung und Bewertung von Modellen am Beispiel von Stabilitätsuntersuchungen von Fräsprozessen verdeutlicht werden (siehe [GL11]).

In Abbildung 1 sind Simulationsmodelle, die mit Hilfe von Regelkreisen, die physikalische Zusammenhänge modellieren, erstellt wurden. Das Modell ist insbesondere durch eine Anzahl von Moden, die Angaben zum Schwingverhalten beinhalten, parametrisiert und macht zur Stabilität des Prozesses Vorhersagen. Die Bildserie stellt die Modellvorhersage für verschiedene Parametrierungen dar, wobei der Parameter  $d_1$  eine Verschiebung in bestimmten Modellparametern angibt. Bei der Serie ist durch den Parameter  $\theta$  angegeben, wieviel Prozent der experimentell ermittelten (In-)Stabilitäten richtig durch das Modell wiedergegeben werden.

Hierbei ist interessant, dass das erste Modell bezüglich dieses Parameters (welcher insbesondere die Breite der “Instabilitäts-Bäuche” beeinflusst) eigentlich schon ziemlich korrekt ist, aber die schlechteste Vorhersage-Rate  $\theta$  hat. Letztere nimmt in der Serie zwar zu, das Modell wird aber eigentlich schlechter. Extrembeispiel ist Bild 1d, bei dem nahezu stets eine Instabilität vorhergesagt wird, was immerhin die Hälfte der Experimente korrekt vorhersagt, obwohl das Modell natürlich komplett ungeeignet ist.

Das Problem hierbei ist, dass die Parameter in Bezug auf die Modellqualität stark interagieren. Die Moden liegen im Ausgangsmodell etwas daneben, wodurch als Resultat die

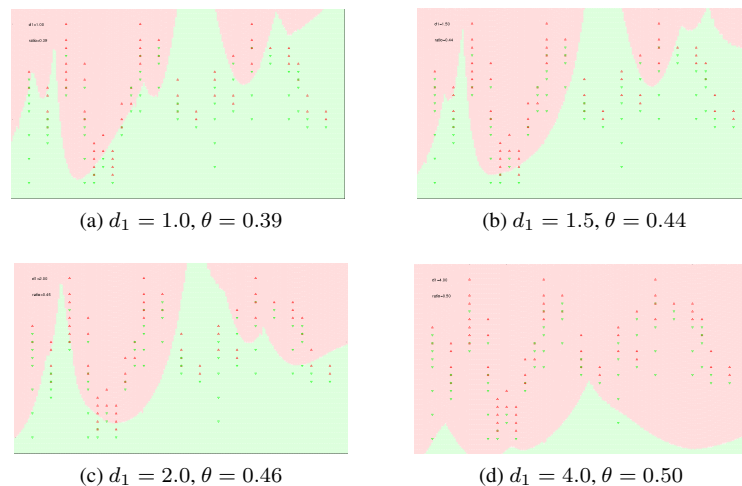


Abbildung 1: Reaktion eines Simulationsmodells auf Veränderungen eines Parameters  $d_1$ .

meisten Punkte falsch klassifiziert werden, obwohl “rein physikalisch” betrachtet das Modell schon recht gut ist. Da wie gezeigt eine Einzelparameter-Optimierung zu falschen Ergebnissen führt, das Modell aber prinzipiell mehr als 40 Parameter hat, schlägt der sogenannte “Fluch der Dimensionalität” hart zu (siehe z. B. [Bel61]): Der hochdimensionale Raum der möglichen Modelle kann bei einer Parametersuche nicht vollständig abgedeckt werden und macht eine Optimierung nahezu unmöglich.

In Abbildung 2 ist dagegen eine Serie von statistischen Modellen dargestellt, welche durch sogenannte Support Vector Machines (mit speziellen Kerneln) erstellt wurden. Bei der Erstellung gehen nahezu keine physikalischen Annahmen ein, jedoch gibt es auch hier kontrollierende Parameter, wie das dargestellte  $\gamma$ , welche kontrollieren, wie sehr sich die Modelle an die Experimentaldaten anpassen. Passt man sich zu sehr an die Experimentaldaten an, so riskiert man ein sogenanntes “Overfitting” (eine zu starke Anpassung an zufällige Mustern in den Daten) des Modells, was die Vorhersagestärke des Modells zerstören kann — so zu sehen in Bild 2d.

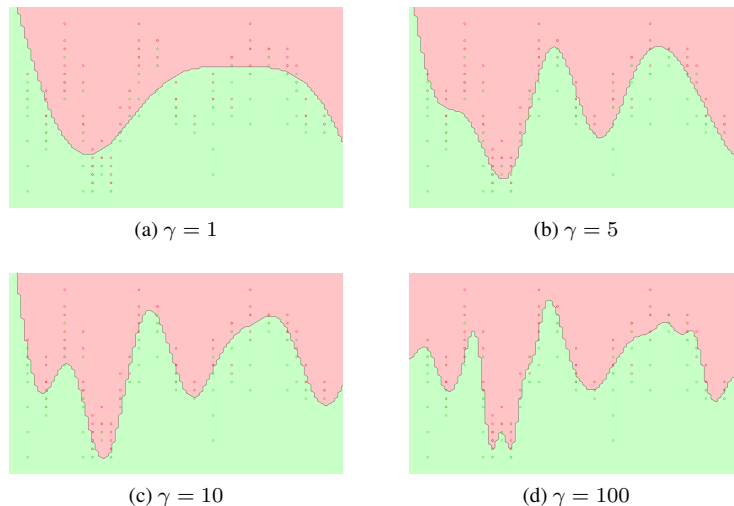


Abbildung 2: Reaktion eines statistischen Modells auf Veränderungen eines Steuer-Parameters  $\gamma$ .

Beide Methoden haben Vor- und Nachteile. Die Simulations-Modelle haben den Vorteil, dass sie einen tiefen Einblick in den Prozess erlauben und insbesondere — wenn sie funktionieren — das “Warum” bestimmter Sachverhalte erklären können. Der Nachteil ist, dass diese oftmals sehr lange Rechnen, und wie oben angedeutet, für eine Nutzung im Sinne einer Vorhersage und Optimierung des Prozesses zunächst aufwändig parametrisiert werden müssen — was oft ein nahezu unmögliches Unterfangen ist. Zudem erfordert die Erstellung solcher Modelle ein tiefes physikalisches Verständnis der Vorgänge im Prozess, was nicht immer möglich ist.

## 4 Umsetzung

Ziel der Symate GmbH war die Entwicklung der Software “Detact”, welche einen integrativen Ansatz moderner Datenanalyse-Methoden erlaubt und flexibel auf neue Anforderungen anpassbar ist. Die prozessuale Sicht wird durch Methoden der Modellierung unterstützt, so dass eine intuitive Visualisierung von Anforderungen, Einstellungen und Ergebnissen möglich ist. Analyseergebnisse können sofort zur Vorhersage und Optimierung verwendet werden. Dies bedeutet nicht nur den Vorteil einer starken Adaptierbarkeit, sondern vereinfacht wesentlich den Einsatz der Ergebnisse auch durch wenig erfahrene Bediener der Maschine.

Das System leistet die zielgerichtete Zuführung von Prozessdaten während einer Inbetriebnahme sowie in der Serienproduktion, erzeugt optimale Versuchspläne, führt die Datenerfassung durch und ermöglicht “auf Knopfdruck” die Analyse von Daten, die Visualisierung von Analyseergebnissen sowie deren Nutzbarmachung für Optimierungsmaßnahmen. Dem Benutzer entsteht ein direkter Nutzen z. B. durch Absicherung der Reproduzierbarkeit durch Ermittlung funktionierender Prozessfenster oder Verringerung der Werkzeug-, Energie- und Hilfsmittelkosten durch angepasste Technologieparameter.

## 5 Diskussion

Die hier nur im Ansatz dargestellten Schwierigkeiten bei der Erstellung und insbesondere Bewertung von Vorhersage-Modellen für technologische Modelle unterstreichen die Wichtigkeit einer auf die Problemstellung angepassten Auswertung von Produktionsdaten. Nur ein voll qualifiziertes Modell ist später auch z. B. zur Produktionsoptimierung nutzbar. Dies erfordert, dass die Modellkomplexität, insbesondere gegeben durch die Auswahl der Parameter und der Form des Modells, und die “Komplexität” der Daten, insbesondere bestimmt durch die Versuchsplanung, zusammenpassen müssen. Umgekehrt bedeutet dies, dass ein Nutzen von Standard-Methoden ohne entsprechende Vorbereitung “gefährlich” ist, d. h. insbesondere zu falschen Ergebnissen führen kann.

Das System Detact hebt sich von am Markt befindlichen Lösungen gerade dadurch ab, den Nutzer auf die Problemstellung angepasst integriert und ganzheitlich in allen Phasen von Vorbereitung bis Nutzung zu unterstützen und erlaubt es somit, die hier geschilderten Schwierigkeiten zum umschiffen und somit zu einer wirklich nutzbaren und sinnvollen Problemlösung zu kommen.

## Literatur

- [Bel61] R.E. Bellman. *Adaptive Control Processes*. Princeton University Press, Princeton, NJ, 1961.
- [GL11] Knut Großmann und Michael Löser. Einflussgrößen auf die Stabilität von Zerspanprozessen. Eine vergleichende Untersuchung. *ZWF*, 106(3):147–152, 2011.

## Auf dem Weg zu autonomer, unantizipierter und dynamischer Adaption mit Smart Application Grids

Christian Piechnick

Institut für Software- und Multimediatechnik  
Fakultät Informatik, Technische Universität Dresden  
01062 Dresden  
christian.piechnick@googlemail.com

**Abstract:** Die Etablierung mobiler Endgeräte und die zunehmende Automatisierung unserer Welt stellen neue Herausforderungen an die Softwareentwicklung. Von zunehmender Bedeutung ist dabei die Fähigkeit einer Anwendung, ihr Verhalten und ihr Erscheinungsbild an die äußeren Gegebenheiten anzupassen. Dabei ist es dem Anwendungsentwickler nicht immer möglich, alle Umgebungseigenschaften vorherzusehen, die für eine Kontextadaption relevant sind. In diesen Fällen muss das Softwaresystem in die Lage versetzt werden, zur Ausführungszeit möglicherweise unbekannte Umgebungseigenschaften zu verarbeiten und sich selbstständig an diese wechselnden äußere Rahmenbedingungen anzupassen. Dies schließt dynamische Kollaborationsbeziehungen zwischen getrennten, heterogenen und einander vorher unbekannten Anwendungen ein. In dieser Arbeit soll das Problem der unantizipierten, dynamischen Adaption erläutert und ein Lösungsansatz skizziert werden, dieses zukünftig adäquater adressieren zu können.

### 1 Einleitung

Software ist heute allgegenwärtig und aus keinem Lebensbereich mehr wegzudenken. Durch die Etablierung mobiler Endgeräte, wie Smartphones oder Tablet-PCs, rückt der Anwendungskontext stärker in den Fokus der Softwareentwicklung. Wechselnde äußere Einflussfaktoren (z. B. Ort, Zeit, Helligkeit, Temperatur etc.), stellen in der Regel auch dynamisch wechselnde Anforderungen an ein Softwaresystem. Vor allem Applikationen die in mobilen Szenarien genutzt werden, müssen ihr Verhalten und Erscheinungsbild an die sich ändernden Rahmenbedingungen anpassen. Ein Kontext wird wie folgt definiert:

*”Der Kontext ist jede Information die dazu genutzt werden kann, eine Situation einer Entität zu charakterisieren. Eine Entität ist dabei eine Person, ein Ort oder ein Objekt, die für die Interaktion zwischen einem Nutzer und einer Anwendung als relevant betrachtet wird. Dies schließt den Nutzer und die Anwendung selbst mit ein.” [ADB<sup>+</sup>99]*

Kontextadaption ist dementsprechend die automatische Anpassung einer Anwendung an den Anwendungskontext. Ein einfaches Beispiel hierfür findet sich typischerweise in Navigationssystemen, in dem die Darstellung des Kartenausschnitts im Display von hell nach

dunkel umgeschaltet wird, sobald die Umgebungshelligkeit einen bestimmten Wert unterschreitet, um den Fahrer bei Nacht- oder Tunnelfahrten nicht zu blenden. Traditionell werden diese Anforderungen während des Entwicklungsprozesses erfasst und später implizit im Programmcode abgebildet. Der Adaptionsvorgang könnte dabei wie folgt ablaufen: Zunächst werden systemspezifische *Sensoren* verwendet um die Umgebungswerte (z. B. Umgebungshelligkeit) zu messen. Darauf aufbauend wird der gemessenen Wert interpretiert (z. B. Es ist dunkel) und überprüft, ob die Anwendung verändert werden muss. Sollte dieser Fall eintreten, so werden die notwendigen Schritte geplant (z. B. das Invertieren der Kartendarstellung) und durchgeführt (z. B. das Setzen des Darstellungsmodus in Displaykomponente). Aus diesem Vorgehen lässt sich ein generischer Adaptionsprozess extrahieren, der sich in verschiedenen Modellen niedergeschlagen hat. Stellvertretend für die unterschiedlichen Ansätze stehen die CADA-Kontrollschleife [DDF<sup>+</sup>06], die MAPE und die MAPE-K-Kontrollschleife [Red04]. Im Kern basieren all diese Verfahren auf einem zyklischen Modell, das Umgebungswerte *misst*, diese *analysiert* und in Beziehung setzt. Auf Basis der ausgewerteten Daten wird *überprüft* ob eine Adaption notwendig ist und die entsprechenden Schritte *geplant* und *durchgeführt*.

Für einfache Adaptionsszenarien, wie das Anpassen des Darstellungsmodus in Abhängigkeit der Umgebungshelligkeit, ist die implizite Umsetzung der Anpassungsanforderungen im Anwendungscode angemessen. Nimmt jedoch die Menge und Komplexität der Umgebungswerte, der Anpassungsregeln und der Anpassungsoperationen zu, so führt dieses Vorgehen sehr schnell zu unübersichtlichen und schwer wartbaren Programmstrukturen. Sind alle Kontexteigenschaften, die für den Adaptionsprozess relevant sind, zur Entwicklungszeit bekannt, dann spricht man von *antizipierter* [FC09] Adaption. In diesen Fällen ist die explizite Behandlung der Adaption als *first-class-citizen* der Softwareentwicklung lohnenswert, indem sowohl der Anwendungskontext als auch die Adaptionsprozesse und -regeln explizit modelliert werden.

In vielen Fällen jedoch ist es zum Entwicklungszeitpunkt nicht möglich (*a*) alle Einflussfaktoren sowie deren Ausprägungen zu bestimmen und (*b*) das gewünschte Verhalten in einer bestimmten Situation festzulegen. Vor allem in mobilen Einsatzszenarien kann der Entwickler einer Anwendung unmöglich alle Situationen charakterisieren, in denen sich der Nutzer und die Anwendung befinden werden. Aus diesem Grund müssen Adaptionsprozesse unterstützt werden, die zur Laufzeit um neue Informationen angereichert werden können. Man nennt diesen Vorgang *unantizipierte* Adaption [FC09].

Um diesen Missstand zu verbessern wurde in den letzten Jahren zahlreiche Konzepte und Werkzeuge erarbeitet, die die Entwicklung von dynamisch adaptiven Anwendungen vereinfachen sollen [Col11, ACF<sup>+</sup>09, MFBJ10, GWCA11]. Diese Ansätze zeigen, dass es auf sehr elegante und effiziente Weise möglich ist, die Adaptionslogik von der Anwendungslogik zu trennen und eine Anwendung zur Laufzeit auf wechselnde äußere Rahmenbedingungen anzupassen. Jedoch setzen diese Konzepte eine vollständige Modellierung der Anwendung und des Kontextmodells zur Entwicklungszeit voraus. Dies macht es jedoch unmöglich, die Anwendung zur Ausführungszeit an Umgebungswerte anzupassen, die während der Systementwicklung nicht berücksichtigt wurden.

## 2 Smart Application Grids

Durch die weit verbreitete Etablierung von Smartphones ist eine neue Art von Anwendungen entstanden: *Apps*. Dabei handelt es sich um kleine Applikationen mit eindeutigem Zweck, um kleine und klar definierte Aufgaben zu erledigen. Im Gegensatz zu großen monolithischen Anwendungen wie *Microsoft Excel*, mit denen man eine große Bandbreite unterschiedlichster Aufgaben erledigen kann, führen Apps zu einer *Separation of Concerns* der Anwendungslandschaft. Ein großes Problem ist dabei, dass diese Apps nicht oder nur sehr ungenügend zusammenarbeiten können, um deren verschiedene Belange zu kombinieren und Synergien sichtbar und nutzbar zu machen.

Ein Smart Application Grid (SMAG) ist ein intelligent gesteuertes Netz intelligenter Anwendungen. Es besteht aus einer Menge unterschiedlicher Applikationen, die sich zum Einen selbstständig an die Umgebung anpassen können (intelligente Anwendungen) und zum Anderen kontextabhängig dynamische Kollaborationsbeziehungen eingehen (intelligent gesteuertes Netz) um eine Aufgabe gemeinsam im Verbund zu lösen. Dabei soll die Adaption der einzelnen Anwendungen und die Adaption des Anwendungsnetzes **unantizipiert**, **autonom** und **dynamisch** (zur Laufzeit) erfolgen. Um eine Anwendung an äußere

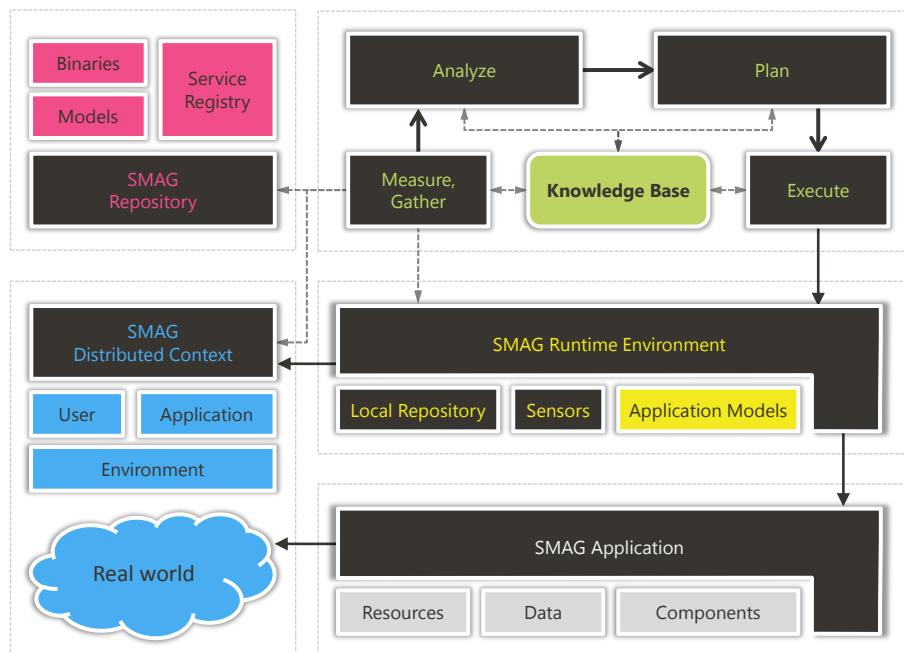


Abbildung 1: Grundkomponenten der SMAG-Adaptionsarchitektur

Rahmenbedingungen anzupassen, muss sie auf einer Technologie basieren, die es erlaubt das Verhalten und die Struktur der Anwendung zur Ausführungszeit zu verändern. Im SMAG-Ansatz erfolgt dies über ein rollenbasiertes Kompositionssystem, das es erlaubt feingranulare Änderungen (auf Ebene von Objekteigenschaften und -methoden) durchzuführen. Dabei liegt der Fokus auf der expliziten Modellierung dynamisch entstehender Kollaborationsbeziehungen. Rollen sind dynamische Dienste, die von einem Objekt zur Laufzeit gespielt und wieder abgelegt werden können. Spielt ein Objekt bestimmte Rollen, so verhält es sich für diesen Zeitraum entsprechend deren funktionalen und strukturellen Spezifikationen. Rollen beschreiben darüber hinaus Kollaborationsbeziehungen zu anderen Rollen. Spielt ein Objekt eine Rolle, so geht es für diesen Zeitraum eine Beziehung zu einem anderen Objekt ein. Auf diese Weise entstehen dynamische Kollaborationen. Um die Veränderung der Anwendungen strukturiert und wohlgeformt durchführen zu können, basieren SMAG-Anwendungen auf einem Komponentenmodell und mehreren Modellen auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen. Zum einen können Anwendungsskelette über *Meta-Architekturen* spezifiziert werden, die dann durch konkrete *Architekturmodelle* konkretisiert werden. Die verwendeten **Komponenten** spezifizieren explizit angebotene und benötigte **Ports**, die über **Konnektoren** verbunden werden. Zur Laufzeit können **Rollen** (Port-Implementierungen) an die Ports der Komponenten gebunden werden, um das Verhalten einer Komponente bezüglich dieser Schnittstelle zu ersetzen oder zu verändern. Die verwendeten Meta-Architekturen, Architekturen, Komponenten und Ports werden in zentralen **Repositories** gespeichert und können zur Entwicklungs- und Laufzeit aus diesen geladen werden. Auf diese Weise ist es möglich, zur Ausführungszeit neue Anwendungsfunktionalität zu integrieren, die zur Entwicklungszeit noch nicht bekannt oder verfügbar war. Das hier beschriebene rollenbasierte Kompositionssystem wurde in Java unter der Verwendung der Spracherweiterung ObjectTeams for Java<sup>1</sup> implementiert. Zukünftig soll diese Laufzeit-Variationstechnologie um einen reichhaltigen Adaptionprozess erweitert werden, der es ermöglicht, Anwendungen unvorhergesehen zu adaptieren und unterschiedliche voneinander losgelöste Systeme automatisch zur Laufzeit zu integrieren. Abbildung 1 zeigt die Grundkomponenten dieses Adaptionssystems, wobei die gestrichelten Pfeile Lese- und die durchgezogenen Pfeile Ausführungsoperationen symbolisieren.

### 3 Ausblick

Um die hier vorgestellte Vision realisieren zu können muss zum einen ein Kontextmodell existieren, das zur Laufzeit um neue Kontexteigenschaften erweitert und existierende Konzepte miteinander in Beziehung gesetzt werden können. Basierend auf den Arbeiten im Bereich Kontextmanagement lässt sich ableiten, dass sich ontologiebasierte Kontextrepräsentationen eignen, um offene Umgebungsbeschreibungen realisieren zu können. In einem komplexen Netz unterschiedlicher Anwendungen und Sensorsysteme ist nicht zu jedem Zeitpunkt gewährleistet, dass die Informationen des Kontextes vollständig, zuverlässig und korrekt sind. Um dieser Fakt gerecht zu werden, können Ontologien mit probabilistischen Modellen (z. B. Bayessche Netze) kombiniert werden. Auf diese Wei-

<sup>1</sup>OT/J: <http://www.eclipse.org/objectteams/> (aufgerufen am: 05.03.2012)

se kann das *Reasoning* unter der Berücksichtigung bedingter Wahrscheinlichkeiten realisiert werden, wodurch die genannten Probleme potentiell gelöst werden können. Das verteilte Kontextmodell setzt sich aus den vier Teilen zusammen: (1) ein Aufgabenmodell, (2) ein Nutzerprofil, (3) die Umgebungswerte und (4) die Anwendungsdaten. Aus diesen Kontextkomponenten werden *Anforderungen* (Requirements) abgeleitet, die sich aus dem Anwendungskontext ergeben. Aus diesen Anforderungen werden zunächst Anwendungen identifiziert, die im Verbund in der Lage sind, diese Anforderungen zu erfüllen. Je nachdem wie sich Gesamtsystem zusammensetzt müssen potentiell neue Anwendungsskelette automatisch geladen, zu Anwendungen komponiert und mit den anderen Anwendungen in Beziehung gesetzt werden. Anschließend werden diese Applikationen über Rollenmodelle auf die konkrete Situation maßgeschneidert. Abschließend kann ein Optimierungsansatz wie MQuat [GWCA11] verwendet werden, um die einzelnen Anwendungen bezüglich Energieverbrauch oder anderen Qualitäten zu optimieren.

## Literatur

- [ACF<sup>+</sup>09] Mathieu Acher, Philippe Collet, Franck Fleurey, Philippe Lahire, Sabine Moisan und Jean-Paul Rigault. Modeling Context and Dynamic Adaptations with Feature Models. In *Proceedings of the 4th International Workshop Models@run.time*, Seite 10, United States, Oktober 2009.
- [ADB<sup>+</sup>99] Gregory D. Abowd, Anind K. Dey, Peter J. Brown, Nigel Davies, Mark Smith und Pete Steggles. Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. In *Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*, HUC '99, Seiten 304–307, London, UK, UK, 1999. Springer-Verlag.
- [Col11] Philippe Collet. *Taming Complexity of Large Software Systems: Contracting, Self-Adaptation and Feature Modeling*. Hdr dissertation, Université Nice Sophia Antipolis, Sophia Antipolis, France, Dezember 2011.
- [DDF<sup>+</sup>06] Simon Dobson, Spyros Denazis, Antonio Fernández, Dominique Gaïti, Erol Gelenbe, Fabio Massacci, Paddy Nixon, Fabrice Saffre, Nikita Schmidt und Franco Zambonelli. A survey of autonomic communications. *ACM Trans. Auton. Adapt. Syst.*, 1(2):223–259, Dezember 2006.
- [FC09] Jorge Fox und Siobhán Clarke. Exploring approaches to dynamic adaptation. In *Proceedings of the 3rd International DiscCoTec Workshop on Middleware-Application Interaction*, MAI '09, Seiten 19–24, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [GWCA11] Sebastian Götz, Claas Wilke, Sebastian Cech und Uwe Assmann. Runtime Variability Management for Energy-efficient Software by Contract Negotiation. In *Proceedings of the 6th International Workshop Models@run.time (MRT 2011)*, 2011.
- [MFBJ10] Brice Morin, Franck Fleurey, Olivier Barais und Jean-Marc Jézéquel. Aspect-Oriented Modeling to Support Dynamic Adaptation. In *Forum Demo at AOSD'10*, Rennes and St Malo, France, France, 2010.
- [Red04] I.B.M. Redbooks. *A Practical Guide to the IBM Autonomic Computing Toolkit*. IBM Redbooks. IBM, International Technical Support Organization, 2004.



## Modeling Human Movements by Self-Organizing Maps

Mathias Klingner, Frank Bahrmann, Peter Poschmann, Kay Jugel, Mathias Rudolph,  
and Hans-Joachim Böhme

University of Applied Sciences Dresden  
Fakulty of Computer Science and Mathematics, Department of Artificial Intelligence  
Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden, Germany  
{klingner,bahrmann,poschmann,jugel,mrudolph,boehme}@informatik.htw-dresden.de

**Abstract:** Modeling human motion is a prerequisite for natural human-machine interaction, but remains a crucial task in real-world environments. We propose an approach that is based on the work published in [1], and fits continuously a graph model to depth data acquired by a Time-of-Flight camera. To enhance this approach, we introduce several improvements regarding estimating the anchor region for the initial graph model, the segmentation of person and background, the presentation of the training data, and the evaluation of the actual graph model by a bone model. These extensions result in an improved processing performance as well as in a better robustness of the approach, making it well suited for natural human-robot interaction.

### 1 Introduction and Original Approach

Recently, applications of TOF cameras for human-machine-interaction applications have become more and more popular. Data acquired by a TOF camera provides a variety of attractive characteristics: (i) Besides an intensity image, 3D data is immediately available, avoiding the computational effort needed for stereo vision. (ii) The underlying technical principle makes the sensor relatively independent from environmental conditions, like illumination.

In our group, we focus on the development of autonomously operating interactive service robots. This leads to the fact that we have to implement a control framework integrating modules for navigation, people detection and tracking, dialog control and so on. Hence, algorithms with very limited computational requirements are of special interest.

Against this background, the work of Haker et al. [1] provides an interesting methodology for modeling the motion of the upper part of the human body. Once the person is segmented as foreground object, one has a graph-based, low dimensional description of the corresponding data cloud. The original algorithm utilizes a threshold-based technique to distinguish between foreground (person) and background, presented by Otsu in [2]. Subsequently, the remaining 3D data are fitted to a pre-defined Self-Organizing Map (SOM), which is initialized by anchoring an initial graph model w.r.t. to the center of gravity of the point cloud, and a continuous, frame-wise update of the model, by an iterative learning procedure. The authors report robust tracking performance of their approach in real time (25 fps on a 2GHz machine). Nevertheless,

for being really well suited for real-world human-robot interaction (HRI) applications, the method described so far should be improved regarding the following aspects: (i) The original segmentation method is unable to handle the absence of a person in front of the camera. When a person leaves the scene, the graph model becomes invalid caused by its adaption to the remaining scene content. (ii) In the original approach, anchoring the initial graph calls for the calculation of the center of gravity of the corresponding point cloud. Here, an alternative method is desirable which is computationally more efficient and indicates whether the segmented object is a person at all. (iii) The real-time performance of the training procedure has to be increased to allow that the method can be used in parallel together with other modules for robot navigation and HRI. (iv) It would be valuable to have an online evaluation method that decides if the current graph model

is within anatomical constraints of the human upper body. Otherwise, a subsequent classifier has to deal with invalid data.



**Fig. 1:** Left: Graph model (SOM) fitted to the point cloud of the upper body part. The graph model contains a proper arrangement of edges and vertices to describe the upper part of the human body. Right: robot “August the smart one”, with the TOF camera on top.

## 2 Extensions of the Original Method

### Segmentation of person and background

As in [1], our method assumes that only one person is in the scene. In contrast to the original Otsu algorithm, we disclaim the computation of the ratio between intra-class variance and the variance between classes. Furthermore, we continuously utilize the latter for detecting whether there is an object (person) in front of the camera at all. A small value of the variance between classes indicates the absence of an object, whereas a high value of this variance gives a robust hint for the presence of an object. Combined with a face detection algorithm (see following paragraph) allows that we can distinguish between a person and other segmented objects.

### Anchoring the initial graph model

Once a person is detected, an initial graph model has to be assigned to the point cloud. In contrast to [1], we use a face detection algorithm (method introduced by Viola and Jones, OpenCV library). Instead of calculating the point cloud’s centre of gravity, we search for an approximately frontally aligned face in a small region of the intensity image, defined by the upper part of the segmented person region. A qualitative comparison of the face detector, operating on intensity images of the TOF camera and alternatively on the images provided by the omni-directional camera of the robot, showed similar results. Therefore, we disclaimed time-consuming training of a new face

detector optimized for the TOF intensity data, as proposed in [3]. After a face has been detected, the initial graph model is placed within the point cloud. Additionally, the face detector insures that a graph model is only built when a person is interacting with the robot. The person is tracked as long as the person does not leave the scene. If this happens (indicated by a small variance between the classes for fore- and background), the graph model is no longer valid and therefore ignored.

### Optimization of the training procedure

In [1], the authors report sufficient accuracy of the graph model even if only 10% of the point cloud is used for the iterative, frame-wise update procedure during the tracking process. Despite the fact, that our training regime does not differ from the original one, we only achieved appropriate accuracy by using almost all data points of the point cloud for the model update. Otherwise, the graph model shows large differences between the graph vertices and their corresponding body parts, especially along the arms when fast movements occur. Here, two major aspects have to be taken into account. Due to overall processing load, we have to limit the frame rate of the TOF camera to 10 fps, and this leads to a lowered space-time resolution of the observed motion compared with the original method with 25 fps. On the other hand, using the whole point cloud for updating the graph model results in an extremely fast convergence of the model, so that only 2 update cycles are necessary. Unfortunately, in [1] there is no hint on their results regarding this parameter.

### Evaluation of the graph model

The last extension of the method results from our intended utilization of the graph model. It provides a low-dimensional description of the movement carried out by the interacting person. Analyzing the sequence of graph models during a tracking period, occasionally some distortions of the model occur, typically caused by extremely fast movements or in situations where arms and torso strongly overlap. Upcoming, we will record example data containing natural body movements like sauntering, passing the robot without noticing it, pausing for a moment, approaching the robot, turn away from the robot, and so on. With this data, classifiers are to be trained with the corresponding sequences of graph models to estimate the type of motion the person actually performs.



**Fig. 2:** Two graph models with their corresponding bone models, to illustrate a valid (left) and an invalid (right) graph model.

Against this background, a method is needed that decides whether the actual graph model is within anatomical constraints or not. Therefore, we introduced a graph model validator in our framework. The validator contains a graphical bone model taking into account the physical and anatomical constraints of the human upper body. The SOM

based graph model is continuously mapped to the bone model. If the underlying constraints of the bone model are violated, the validator rejects the current graph model as invalid. For our future work, we plan to replace such invalid graph models by an interpolated version of the preceding and subsequent valid graphs. This is necessary to recover the spatiotemporal structure of the motion sequence for the planned classification into motion prototypes.

### 3 Discussion and Conclusions

We extended an already existing, SOM-based approach for modeling the movement of the upper part of the body. Our intention was to improve the method for their usability within HRI applications. The introduced extensions include alternative methods for the segmentation of person and background, the initialization of the graph model, the training procedure of the SOM, and the evaluation of the actual graph model. We are in particular interested in the characterization and recognition of natural, mostly unconsciously carried out human movements. This is in contrast to a variety of approaches and algorithms dealing with the recognition of a pre-defined gesture alphabet for controlling certain media, and pointing/deictic gestures.

Our future work will concentrate on the classification of natural human movement behaviors. Furthermore, actually work on a detailed comparison of the utilization of TOF camera and Kinect system is in progress.

### References

- [Ha09] Haker, M., Böhme, M., Martinetz, T., Barth, E.: Self-Organizing Maps for Pose Estimation with a Time-of-Flight Camera. In: Koch, R., Kolb, A. (Eds.) Dyn3D 2009. LNCS, vol. 5742, pp. 142--153. Springer, Heidelberg (2009)
- [Ot79] Otsu, N.: A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics 9(1), pp. 62--66 (1979)
- [Bö09] Böhme, M., Haker, M., Riemer, K., Martinetz, T., Barth, E.: Face Detection Using a Time-of-Flight Camera. In: Koch, R., Kolb, A. (Eds.) Dyn3D 2009. LNCS, vol. 5742, pp. 167--176. Springer, Heidelberg (2009)

## Ausführbare HMI-Spezifikationen mit Adobe Flash und Statecharts

Axel Terfloth, Lars Martin

itemis AG  
Ludwig-Erhard-Str. 51  
04103 Leipzig  
axel.terfloth@itemis.de  
lars.martin@itemis.de

**Abstract:** Das Design eines HMI muss neben der äußeren Form und Darstellung auch das Interaktionsverhalten berücksichtigen. Dieses HMI-Design ist ein wichtiger Teil der Spezifikation für die spätere Software-technische Umsetzung. Die Kombination von Adobe Flash und Statecharts ermöglicht einen Grad an Formalisierung, der eine über erlebbare HMI-Prototypen hinausgehende Nutzung als ausführbaren Teil einer HMI-Spezifikation erlaubt.

Mensch-Maschine-Schnittstellen (Human-Machine-Interfaces/HMI) sind von Natur aus interaktiv und dynamisch. Ein wichtiges Ziel des HMI-Engineerings ist die Optimierung der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine. Die Ergonomie und Effizienz eines HMI wird im Wesentlichen durch die Qualität des Designs bestimmt, welches damit zentraler Teil einer HMI-Spezifikation ist. Wegen ihres dynamischen Verhaltens muss das Design neben der äußeren Form und Darstellung auch das interaktive Verhalten berücksichtigen. Getrieben durch immer umfangreichere Systemfunktionen, der Anforderung diese dem Benutzer durch das HMI möglichst einfach zugänglich zu machen, in Kombination mit modernen Visualisierungstechnologien und Interaktionskonzepten, werden moderne HMIs immer komplexer. Dies hat Auswirkungen auf den Entwicklungsprozess. Schon die Erstellung einer HMI-Spezifikation gestaltet sich zunehmend aufwendig, und umfasst oftmals ein umfangreiches Prototyping. Solche ausführbaren HMI-Prototypen sind notwendig. Neben der visuellen Gestaltung muss vor allem auch das Interaktionsverhalten erlebbar gemacht werden. Die Konsistenz lässt sich nicht durch bloße in Augenscheinnahme einer schriftlichen Prosa-Spezifikation sichergestellt werden.

HMI-Prototypen bedienen sich häufig der Adobe Werkzeugkette. Speziell Adobe Flash findet häufig Anwendung bei interaktiven Prototypen. HMI-Prototypen sind ein notwendiges Mittel um die Gebrauchstauglichkeit eines HMI-Designs zu validieren.

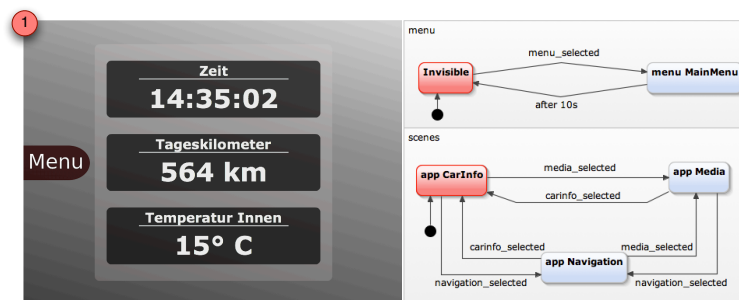
Gleichzeitig sind sie meist nur eingeschränkt als Spezifikationsmittel geeignet:

- Herkömmliche Prototypen beschränken sich meist nur auf wenige beispielhafte Abläufe und besitzen damit keine funktionale Tiefe.
- Komplexer Interaktionen erfordern Implementierungen z.B. mit Hilfe von ActionScript im Falle von Flash. Wichtige Teile einer Spezifikation sind somit in solchen Implementierungen versteckt.

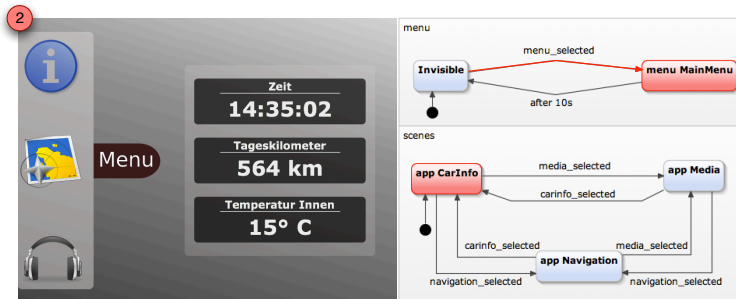
Spezifikationen müssen jedoch vollständig, exakt und verständlich sein. Aus diesem Blickwinkel betrachtet, sind ausführbare HMI-Spezifikationen wünschenswert. Diese sollten zum einen den Nutzen von HMI-Prototypen bieten diese aber durch erweiterte Konzepte Spezifikations-tauglich machen.

Dies kann durch einen Modell-basierten Ansatz erreicht werden. Ergänzend zur visuellen Gestaltung des HMI mit Hilfe von Flash-Technologien werden Statecharts [1,2] genutzt, um das HMI-Verhalten, also die möglichen Interaktionsfolgen, zu spezifizieren. Neben den Werkzeugen aus dem Adobe-Werkzeugsatz kommen hier die YAKINDU Statechart Tools [3], ein Open-Source-Toolkit für die Zustand-orientierte Modellierung, Simulation und Code-Generierung zum Einsatz.

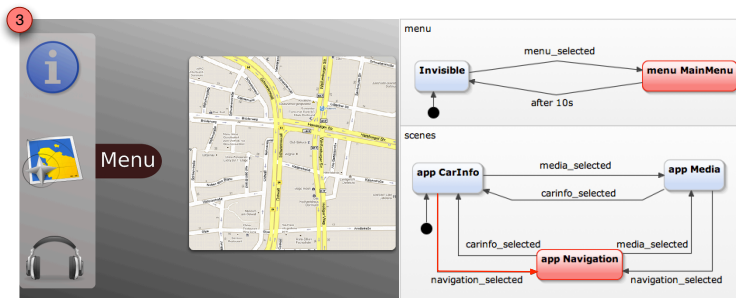
Dieser Ansatz soll anhand eines (vereinfachten) Beispiels eines HMI Prototypen für ein Automobil verdeutlicht werden. Das HMI bietet drei unterschiedliche Anwendungen – Fahrzeuginformationen, Navigation und ein Media-Player. Zwischen diesen kann über ein Menü umgeschaltet werden. Das Menü ist dynamisch ein- und ausblendbar. Das HMI-Verhalten wird ja nach Komplexität durch mehrere Statecharts definiert. In diesem einfachen Fall wird ein Statechart mit zwei parallelen Regionen definiert. Die erste Region definiert die Menüinteraktion, der zweite die möglichen Übergänge zwischen den verschiedenen Anwendungsbereichen.



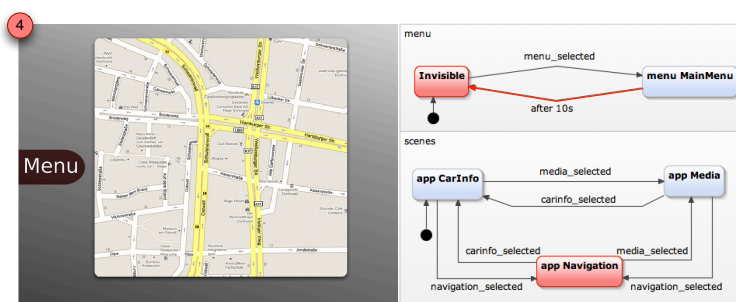
Die beispielhafte Interaktionsfolge beginnt mit der aktiven ‚CarInfo‘-Anwendung in der eine Reihe von Informationen angezeigt werden. Das Menü ist ausgeblendet. Entsprechend sind in dem Statechart der Zustände ‚Invisible‘ und ‚CarInfo‘ aktiv. Dies ist erkennbar an der roten Färbung.



Aktiviert der Benutzer z.B. durch eine Berührung auf dem Display das Menü, dann wird ein Übergang von dem Zustand ‚Invisible‘ in den Zustand ‚MainMenu‘ durchgeführt. In dem hier gewählten Modell wird auf einem recht hohen Abstraktionsniveau bezeichnetes Ereignis ‚menu\_selected‘ Bezug genommen.



Wenn der Eintrag für die Navigationsanwendung gewählt wird, wird das Ereignis ‚navigation\_selected‘ ausgelöst. Auf dieses reagiert das Statechart mit einem Übergang von den Zustand ‚CarInfo‘ in den Zustand ‚Navigation‘. Dieser Übergang führt dazu, dass die CarInfo-Anwendung in der Darstellung durch die Navigationsanwendung ersetzt wird.



Nach einer Zeit von 10 Sekunden wird das Menü ausgeblendet. Dies wird durch einen Übergang aus dem Zustand ‚MainMenu‘ in den Zustand ‚Invisible‘, der durch einen entsprechenden Zeittrigger angestoßen wird, spezifiziert.

Die Nutzung von Statecharts erlaubt eine Spezifikation die sich auf einer hohen Abstraktionsebene nahe an den Anforderungen bewegt. Die beschriebenen Interaktionsfolgen könnten sich auch in inhaltlich ähnlicher Form in Anforderungen oder Prosa-Spezifikationen wiederfinden. Damit sind sie auch für Personen verständlich und anwendbar, die sich schwerpunktmäßig mit Anforderungs- oder Produktmanagement beschäftigen und keinen tiefen Einblick in die Software-technische Umsetzung von HMIs haben. Gleichzeitig wird der Aspekt des HMI-Verhaltens neben der visuellen Gestaltung explizit in einer angemessenen und formalen Form dargestellt. Daraus ergibt sich nicht nur die notwendige Übersicht, sondern auch eine Reihe von Vorteilen, die sich aus der Nutzung formaler Modelle ergeben.

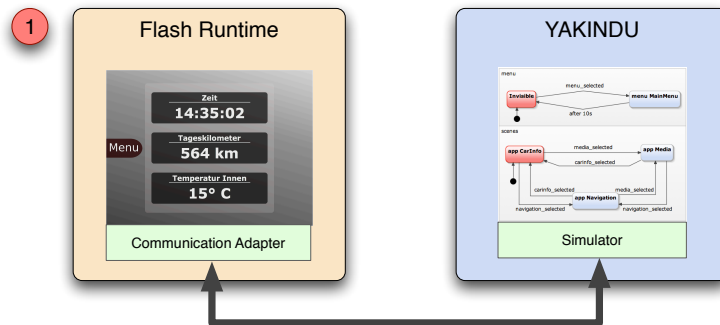
- Interaktionsabläufe werden nicht beispielhaft, sondern vollständig spezifiziert. D.h. ein Statechart definiert alle möglichen Interaktionsfolgen einschließlich evtl. anzuwendender Bedingungen.
- Statecharts sind exakt. Dies schränkt den Interpretationsspielraum ein und ermöglicht eine bessere Prüfung der HMI-Implementierung gegen die Spezifikation
- Statecharts sind validierbar. Grundlegende Bedingungen, welche die Konsistenz der Modelle prüfen können schon während der Erstellung der Statecharts geprüft werden.
- Die Ausführungssemantik von Statecharts ist genau definiert. Dadurch werden Statecharts ausführbar. Die YAKINDU Statechart Tools und auch andere Statechart-Modellierungs-Werkzeuge erlauben die interaktive Ausführung von Statecharts. Bereits während der Erstellung kann durch Simulation geprüft werden, ob ein Statechart das gewünschte Verhalten spezifiziert.
- Statecharts können auch, zur Implementierung des HMI genutzt werden. Dies ermöglicht einen fließenden Übergang von der Spezifikation zur Realisierung des HMI.

Die Formalisierung durch Statecharts erlaubt somit konsistentere und qualitativ höherwertige Spezifikationen. Hinzu kommen einige Vorteile, die sich aus der Entkopplung der beiden Aspekte HMI-Gestaltung und HMI-Verhaltens ergeben:

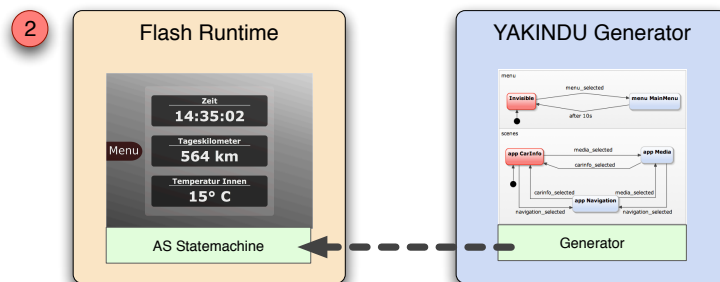
- Es wird die jeweils passende Beschreibungsform und Technologie genutzt.
- Änderungen oder Ergänzungen die nur einen Aspekt betreffen, beeinflussen nicht den anderen Teil. Somit ergibt sich die Möglichkeit einer Parallelisierung der Spezifikationsarbeiten.
- Unterschiedliche Gestaltungsvarianten können leichter mit unterschiedlichen Varianten des HMI-Verhaltens kombiniert werden.



Eine Kombination von Flash-Prototypen und Statecharts zu ausführbaren HMI Spezifikation erfordert eine integrierte Ausführung beider Teile. Zwei unterschiedliche Ansätze sind hier anwendbar.



Der erste Ansatz nutzt den YAKINDU Statechart Simulator. Diese wird in einem von der Flash-Runtime getrennten Prozess ausgeführt. Die dabei notwendige Socket-basierte Interprozesskommunikation wird auf der Seite der Flash-Anwendung durch eine spezielle Komponenten, den ‚Communication Adapter‘ abgewickelt.



Alternativ ist ein generativer Ansatz möglich. Aus Statecharts werden ActionScript-basierte Zustandsautomaten generiert, die in die Flash-Anwendung integriert werden. Während der erste Ansatz die interaktive Ausführung und Visualisierung der aktiven Zustände im Simulator erlaubt, ermöglicht der zweite Ansatz eine Stand-Alone-Ausführung.

Um die Integration zu vervollständigen muss noch die konkrete inhaltliche Anbindung zwischen Flash-Anwendung und Zustandsautomaten erfolgen. Eine Möglichkeit besteht darin, dies Flash-seitig manuell zu implementieren. Einen komfortableren Weg bietet die Verwendung von Mapping-Modellen. Diese beschreiben wie Flash-Konstrukte auf Statechart-Elemente abgebildet werden. Solche Mapping-Modelle können, wie in der folgenden Abbildung zu sehen, textuell beschrieben werden.

```
import "../CarHMDemo.statemachine";
import FlexProject "CarComputer";

connector CarComputer {
  outFlex {
    menuView.showCarInfo -> CarHMDemo.carinfo_selected;
    menuView.showMedia -> CarHMDemo.media_selected;
    menuView.showNavigation -> CarHMDemo.navigation_selected;
    menuView.showMenu -> CarHMDemo.menu_selected;
  }

  inFlex {
    CarHMDemo.showCarInfo -> carinfoView.handleShowCarInfo;
    CarHMDemo.hideCarInfo -> carinfoView.handleHideCarInfo;
    CarHMDemo.shrinkCarInfo -> carinfoView.handleShrinkCarInfo;
    ...
  }
}
```

Das Beispiel-Mapping definiert, welche Flash-Ereignisse auf welche Statechart-Ereignisse abgebildet werden und umgekehrt. In beiden Ausführungsvarianten kann auf Basis dieser Informationen eine vollständige Integration erreicht werden. Die Anbindung kann minimal-invasiv im Bezug auf Anpassung der Flash-Anwendung erfolgen.

Um ausführbare HMI-Spezifikation effizient erstellen zu können, müssen die benötigten Werkzeuge möglichst gut integriert sein. Das ist für das hier genutzte Tooling gegeben. Es nutzt intensiv die Eclipse-Plattform. Sowohl Adobe Flash-Builder als auch die Open-Source YAKINDU Statechart Tools basieren auf Eclipse. Zusätzlich werden für die Verknüpfung von Flash-Anwendungen und Statecharts mit Hilfe von Eclipse Xtext definierte textuelle Modelle verwendet.

## Literaturverzeichnis

- [1] Harel D.; Politi M.: "Modeling Reactive Systems with Statecharts"; McGraw-Hill, 1998.
- [2] Object Management Group: "Unified Modeling Language: Superstructure version 2.0", 2005.
- [3] „Yakindu“; <http://www.yakindu.org>

## Testmodellierung für mobile Anwendungen\*

Georg Püschel

Institut für Software- und Multimediatechnik  
Fakultät Informatik, Technische Universität Dresden  
01062 Dresden  
georg.pueschel@googlemail.com

**Abstract:** Mobile Anwendungen, sog. «Apps», spielen im Softwaremarkt eine immer größere Rolle. Damit die Softwarequalität dieser Systeme gesichert werden kann, müssen Testverfahren wie *Model-based Testing* die statische (Plattformunterschiede) und dynamische Variabilität (Kontextwechsel wie Ort und Orientierung) einbeziehen.

Im Rahmen des vorgestellten Forschungsprojekts werden dazu Modelle, Generierungsverfahren, Prozesselemente und Werkzeuge auf Grundlage von Softwareproduktlinien-Konzepten entwickelt. Unter anderem kommen Feature-Modelle und eine Erweiterung von gefärbten Petri-Netzen (*Feature-basierte Petri-Netze*) zum Einsatz.

### 1 Einführung und Problemstellung

Qualität wird im Softwareentwicklungsprozess durch Testen sichergestellt. Im Gegensatz zu klassischer Software, die auf stationären Systemen ausgeführt wird, muss mobile Software in einer großen Anzahl möglicher Testkonfigurationen geprüft werden. Softwareplattformen (Betriebssysteme und Bibliotheken) unterstützen unterschiedliche Hardwarevarianten (Smartphones, Tablet PCs); zudem bestehen zwischen den verschiedenen Versionen der sich noch stark entwickelnden Systeme große Unterschiede.

Eine weitere Problemstellung mobiler Applikationen ist deren Kontextsensitivität. Verschiedene Umgebungsvariablen können die Funktionalität von Apps beeinflussen. Beispielsweise bedingen die meisten mobilen Anwendungen eine aktive Internetverbindung, einige auch Ortsinformationen (GPS u.a.). Im Gegensatz zur Plattformkonfiguration können sich diese Informationen während des aktiven Betriebs geradezu ständig ändern. Hier stellt sich die Frage, wie und wann diese Kontextinformationen in den Test einbezogen werden können.

Moderne Softwaretestverfahren verwenden Modelle, um das Soll-Verhalten zu spezifizieren und nutzen diese im Anschluss um Testfälle zu generieren. Diese Vorgehensweise wird als *Model-based Testing* (MBT) [UL07] bezeichnet. MBT bietet

---

\*Dieses Projekt wird mit Mitteln des Europäischen Sozialfonds (ESF) vom Freistaat Sachsen und der Sächsischen Aufbaubank (SAB) unter der Projektnummer #100084131 gefördert. Wir bedanken uns weiterhin für die Beteiligung der T-Systems Multimedia Solutions GmbH.

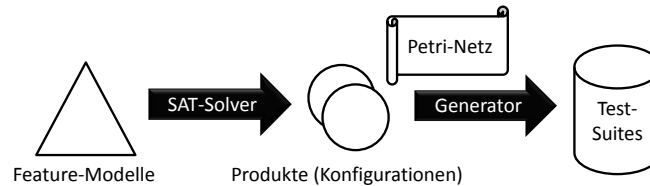


Abbildung 1: Grundlegendes Vorgehen

eine Vielzahl von Vorteilen: Da das Modell für gewöhnlich kompakter (weniger redundant) ist, als die einzelnen Testfälle, wird die Effizienz und Produktivität des Testers erhöht; zugleich kann dieser auch wesentlich mehr Testfälle aus den Modellen erzeugen, als es bei der manuellen Spezifikation einzelner Testfälle möglich gewesen wäre. Weiterhin sind formal modellierte Informationen genauer, sodass sich die Anzahl möglicher Interpretationen verringert. Die Testabdeckung kann zudem genauer bestimmt werden, da auch die nicht abgedeckten Systemteile spezifiziert wurden. Letztendlich bietet MBT auch einen Vorteil für die Testautomatisierung: Die produzierten Testfälle sind ebenfalls gegen ein formales Metamodell konform und damit maschinenlesbar. Um diese Ziele zu erreichen, müssen Testexperten einen Mehraufwand leisten, der insb. von der Ausdruckstärke des verwendeten Testmetamodells abhängt.

Aufgabe des hier vorgestellten Forschungsprojektes ist es, die Anforderungen für den Test mobiler Anwendungen durch einen modellgetriebenen Ansatz umzusetzen. Dazu müssen sowohl ausdrucksstarke Modelle, als auch ein Generator entwickelt werden. Der vorgestellte Ansatz nutzt dazu *Feature-Modelle* [KCH<sup>+</sup>90], wie sie in *Softwareproduktlinien* [WL99] zum Einsatz kommen. In einer Softwareproduktlinie (SPL) existieren sowohl *Features*, die sämtliche *Produkte* gemein haben (Commonalities), als auch solche, die sich von Produkt zu Produkt unterscheiden. Feature-Modelle beschreiben, wie sich aus einer Menge von Features ein Produkt zusammensetzen lässt. Ein Produkt ist im Rahmen von Softwaretest eine Konfiguration.

Im zweiten Schritt muss der Tester Eigenschaften modellieren, die sich zur Laufzeit ändern. Die Grundlage dazu ist ein um Features erweitertes [MC11], gefärbtes *Petri-Netz* [Pet62].

**Überblick** Im folgenden Abschnitt 1 wird zunächst das grundlegende Vorgehen beschrieben, sowie Feature-Modelle und Feature-basierte Petri-Netze. Letztendlich wird auf verwandte Arbeiten eingegangen und der Ansatz zusammengefasst sowie dessen Potential erläutert (Abschnitt 3).

## 2 Vorgehensweise

Zur Modellierung der statischen und dynamischen Variabilität mobiler Anwendungen kommen Feature-Modelle und Feature-basierte Petri-Netze zum Einsatz. Abbildung 1 zeigt diesen Zusammenhang. Mehrere Feature-Modelle, verbunden

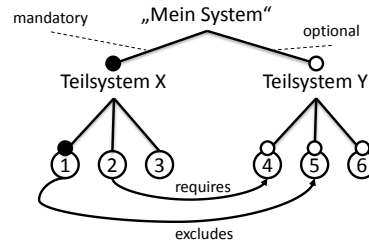


Abbildung 2: Beispielhaftes Feature-Modell

durch Abhängigkeiten spezifizieren zuerst die statischen Aspekte möglicher Testkonfigurationen. Daraus wird durch einen SAT-Solver (SAT für Satisfiability, engl. für Erfüllbarkeit) die Menge möglicher Konfigurationen berechnet. Jede Konfiguration definiert einen Anfangszustand des Systems. Darauf aufbauend wird ein Feature-basiertes Petri-Netz eingesetzt, um das Soll-Verhalten in Abhängigkeit aktivierter Features zu spezifizieren. Auch die Änderbarkeit der Konfiguration wird im Petri-Netz ausgedrückt. Letztendlich kann für jedes Produkt eine Testfallbasis generiert werden.

**Feature-Modelle** [KCH<sup>+</sup>90] definieren einen Variabilitätsraum und können durch Feature-Diagramme visualisiert werden. Abbildung 2 zeigt ein solches Feature-Diagramm. **Mein System** besteht aus zwei Teilsystemen, wobei **Teilsystem X** in jedem Produkt vorkommen *muss* (gekennzeichnet durch einen schwarzen Punkt an der Baumkante, **mandatory**) während **Teilsystem Y** optional ist (weiß gefüllte Kreise). Die Blätter des Feature-Modells sind Features, zwischen denen weitere *Domänenbedingungen* existieren, wie Abhängigkeiten (**requires**) und gegenseitiger Ausschluss (**excludes**).

Ein aus dem abgebildeten Modell produziertes Produkt könnte beispielsweise {1, 2, 4} sein, aber nicht {2, 6} (Feature 1 ist **mandatory** und Feature 2 bedingt Feature 4). Sowohl die statische Variabilität von Plattformen, als auch die des Testobjekts selbst, kann jeweils als Feature-Modell spezifiziert werden. Die getrennte Modellierung beider Modelle fördert deren Wiederverwendbarkeit. Da zwischen den variablen Eigenschaften der Plattform und der Anwendungen Abhängigkeiten bestehen (z.B. existieren Funktionen wie USB-Verbindungen nicht in sämtlichen Konfigurationen, können aber in solchen Fällen von der Anwendung verwendet werden), kann der Modellierer Domänenbedingungen zwischen den Featuremodellen definieren. Des Weiteren ist eine weitere Beschränkung der Variabilität durch einen logischen Ausdruck notwendig, um die Kombinatorik einzuschränken. Dieser Ausdruck beschreibt die *Produktabdeckung* des Testmodells. Sämtliche unter den Modellen und der Produktabdeckung übrigen Produkte werden mithilfe eines SAT-Solvers generiert und dienen als Anfangszustand des Verhaltensmodells.

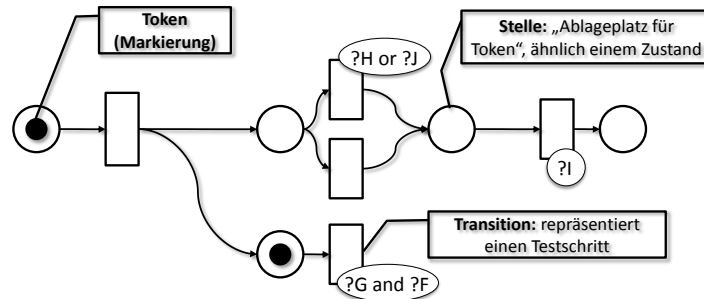


Abbildung 3: Feature-basiertes Petri-Netz

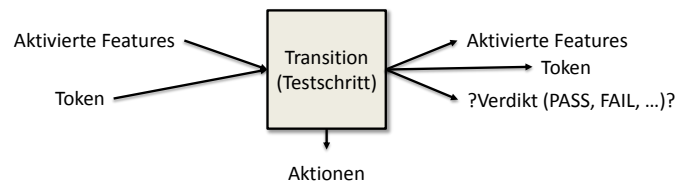


Abbildung 4: Feature-basiertes Petrinetz: Transitionsfunktion

**Feature-basierte Petri-Netze** Das zu validierende Soll-Verhalten der Anwendung wird in einem Feature-basierten Petri-Netz modelliert, wie in Abbildung 3 gezeigt. Grundsätzlich bestehen Petri-Netze [Pet62] aus folgenden vier Modellkonzepten: **Transitionen** definieren Übergänge und repräsentieren einen Ausführungsschritt (dargestellt durch Rechtecke), **Stellen** können Marken aufnehmen (hier Kreise). Die Gesamtheit aller Belegungen von Stellen durch **Marken** (hier schwarze Punkte) definiert einen Systemzustand. Durch Erweiterungen wie gefärbte Petri-Netze und objektorientierte Petri-Netze können Marken zudem Daten transportieren. **Kanten** sind gerichtet und verbinden ausschließlich wechselseitig Stellen und Transitionen.

Marken wandern bei der Ausführung durch das Petri-Netz, indem sie von Transitionen *konsumiert* werden und diese dann *feuern*, um neue Token an ihren Ausgängen zu *produzieren*. Dadurch, dass zugleich mehrere Marken vorhanden sein können, kann auch Parallelität und damit das Verhalten verteilter Systeme ausgedrückt werden.

Um die Wirkung von Features auf das Verhalten des Systems beschreiben zu können, werden Transitionen um aussagenlogische Ausdrücke über Features erweitert. Der Ausdruck  $?G \text{ and } ?F$  beschränkt die Ausführbarkeit der Transition auf Zustände, in denen die Features **G** und **F** aktiviert sind.

Zur Feature-Bedingung von Transitionen kommt deren repräsentierte Funktion, wie sie in Abbildung 4 gezeigt wird. Während der Generierung (Simulation) wird ein Featurekontext mitgeführt, der beschreibt, welche Features aktiviert sind. Die

(De-)/Aktivierung lässt sich durch das *Transitionsprogramm* steuern. Zudem produziert jede Transition *Aktionen*, die letztendlich Testschritte definieren. Solche Aktionen sind beispielsweise Verifikationen und Methodenaufrufe. Für das Transitionsprogramm können unterschiedliche Sprachen verwendet werden – im vorgestellten Ansatz wird ein Prolog-Dialekt verwendet, der Aktionen auch in Abhängigkeit der Feature-Zustände definieren kann. Damit wird die rein grafische Annotation des Modells zur Einschränkung des Verhaltens, um ein komplexeres Modellierungskonzept erweitert.

**Verwandte Arbeiten** Die hier verwendeten Feature-basierten Petri-Netze wurden bereits von Muschevici et. al. [MC11] verwendet. SPLs [WL99] und Feature-Modelle [KCH<sup>+</sup>90] sind ein bereits umfangreich erschlossenes Forschungsgebiet. Verknüpfende Arbeiten zum Softwaretest befassten sich bisher vor allem mit der angemessenen Auswahl von Testfällen [CDS06]. Einige SPL-Testmodelle nutzen unter anderem modale Automaten [LUA07].

### 3 Zusammenfassung und Ausblick

Mithilfe von Feature-Modellen und Feature-basierten Petri-Netzen können Testmodelle für variable und adaptive Systeme beschrieben werden. Zukünftig sollen zusätzlich einfachere *Benutzersprachen*, wie eine Formularsprache, eingesetzt und auf das Petri-Netz-basierte Modell abgebildet werden. Zudem wird der Ansatz in dem Werkzeug *Mobile Application Test Environment (MATE)*<sup>1</sup> implementiert.

### Literatur

- [CDS06] Myra B Cohen, Matthew B Dwyer, and Jiangfan Shi. Coverage and Adequacy in Software Product Line Testing. In *ROSATEA 2006 proceedings*, pages 53–63, 2006.
- [KCH<sup>+</sup>90] Kyo C. Kang, Sholom G Cohen, James A Hess, William E Novak, and A Spencer Peterson. Feasibility Study Feature-Oriented Domain Analysis ( FODA ). Technical report, 1990.
- [LUA07] G. Larsen, Nyman Ulrik, and Wąsowski Andrzej. Modal I/O Automata for Interface and Product Line Theories. In *ESOP 2007 proceedings*, volume Volume 442, pages 64–79, 2007.
- [MC11] Radu Muschevici and Dave Clarke. Modular Modelling of Software Product Lines with Feature Nets. In *SEFM 2001 proceedings*, pages 318–333, 2011.
- [Pet62] Carl Adam Petri. *Kommunikation mit Automaten*. PhD thesis, Technische Hochschule Darmstadt, 1962.
- [UL07] Mark Utting and Bruno Legeard. *Practical Model-Based Testing - A Tools Approach*. Morgan Kaufmann, 2007.
- [WL99] David M. Weiss and Chi Tau Robert Lai. *Software Product-Line Engineering: A Family-based Software Development Process*. Addison-Wesley, 1999.

---

<sup>1</sup><http://www.quality-mate.org>

# Energieverbrauchsermittlung von Android-Applikationen

Claas Wilke

Institut für Software- und Multimediatechnik  
Fakultät Informatik, Technische Universität Dresden  
01062 Dresden  
claas.wilke@tu-dresden.de

**Abstract:** Der Einsatz mobiler Geräte wie Smartphones und Tablet-PCs hat längst Einzug in unser Alltagsleben gefunden. Zahlreiche Nutzer erweitern deren Funktionsumfang mit kleinen Applikationen, die neue Dienste auf den Geräten bereitstellen. Der durch diese Vielseitigkeit häufige Einsatz lässt den Stromverbrauch mobiler Geräte zu einem zentralen Thema werden. Je öfter diese Geräte genutzt werden und je mehr Anwendungen darauf laufen, desto höher ist ihr Energieverbrauch und desto geringer die Betriebszeit. Im Projekt QualiTune wird deshalb ein Verfahren entwickelt, um den Stromverbrauch von Applikationen auf mobilen Geräten zu ermitteln und anhand von spezifischem Nutzerverhalten vorherzusagen. Nutzer können diese Information in ihre Entscheidung für oder gegen bestimmte Applikationen einbeziehen und sich so bei vergleichbaren Angeboten für die energiesparendere Softwarelösung entscheiden.

## 1 Problemstellung

Mobile Geräte wie Smartphones und Tablet-PCs haben in den letzten Jahren stark an Popularität gewonnen und sind heute aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Genauso populär ist ihre Funktionserweiterung durch – auf bestimmte Aufgaben zugeschnittene und in der Regel kleingehaltene – Applikationen (sogenannte *Apps*), die die Nutzer kostenlos oder kostenpflichtig aus dem Internet beziehen können. Ein großes Problem stellt jedoch nach wie vor der Stromverbrauch der Geräte dar. So ist es nicht selten der Fall, dass diese schon nach wenigen Betriebsstunden ihren Dienst einstellen und ihre Batterien neu geladen werden müssen. Deshalb stellt sich aus Sicht des Anwendungsentwicklers die Frage, ob der Stromverbrauch mobiler Geräte durch ressourcenschonendere Applikationsgestaltung gesenkt und damit deren Lebensdauer erhöht werden kann. Dies ist insbesondere für Anwendungen von Bedeutung, die nicht nur im aktiven Betrieb (also in der direkten Interaktion mit dem Benutzer), sondern auch im Hintergrundbetrieb Dienste ausführen. Beispiele dafür sind Email- und Nachrichtendienste, die regelmäßig Server im Internet ansprechen und auf den Eingang neuer Nachrichten prüfen. Neben der generellen Frage, wie viel Strom eine Applikation verbraucht und ob diese effizienter implementiert werden kann, ist offensichtlich, dass der Stromverbrauch mobiler Geräte und auch der Stromverbrauch einzelner Applikationen wesentlich vom Nutzerverhalten abhängen kann. Je häufiger ein Nutzer sein Smartphone in die Hand nimmt, das Display anschaltet und aktiv Anwendungen nutzt, desto schneller wird er die Batterie seines Geräts wieder



aufladen müssen. Darum ist ebenfalls fraglich, inwieweit nutzerspezifisches Verhalten in den Stromverbrauch von Anwendungen einbezogen werden kann. Existierende Lösungen die auf den Batteriesensoren der Geräte basieren sind leider viel zu grobgranular, um den Energieverbrauch auf Anwendungsebene erfassen zu können. So bieten diese Sensoren oft nur alle zehn bis dreißig Sekunden neue Messwerte, was keinen Rückschluss auf dem Verbrauch von kürzeren Ereignissen zulässt. Im Rahmen des Projektes QualiTune<sup>1</sup> werden deshalb Lösungsansätze für die Energieverbrauchsermittlung und -vorhersage von Softwareapplikationen entwickelt. Dabei stehen folgende Forschungsfragen im Vordergrund:

- Haben Anwendungen für mobile Geräte einen Einfluss auf deren Energieverbrauch, der groß genug ist um diesen effektiv zu ermitteln und nachzuweisen? Oder ist der Grundverbrauch der Geräte zu hoch um durch einzelne Anwendungen ausgelöste Schwankungen mit akzeptablen Messfehlern zu ermitteln?
- Welche Aktivitäten (z.B. Internetanfragen, Video- und Audiowiedergabe) einzelner Anwendungen haben den größten Einfluss auf den Stromverbrauch? Lassen sich für sie verschiedene Verbräuche identifizieren?
- Haben Anwendungen die ähnliche Dienste bereitstellen ähnliche Stromverbräuche oder können einzelne Dienste verschieden effizient implementiert werden?

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit sollen im Abschnitt 2 erste Lösungsansätze zur Stromverbrauchsermittlung von Anwendungen auf mobilen Geräten vorgestellt werden. Nachfolgend werden einige verwandte Arbeiten in Abschnitt 3 diskutiert. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung in Abschnitt 4.

## 2 Nutzerverhaltensabhängige Energieverbrauchsermittlung

Um den Nutzern mobiler Anwendungen eine Entscheidungshilfe zu geben und für Anwendungsentwickler einen Anreiz zu schaffen, Anwendungen möglichst energieeffizient zu entwickeln, wird eine Methodik entwickelt, die es erlaubt, mobile Anwendungen bezüglich ihres Energieverbrauchs zu untersuchen und klassifizieren. Dazu wird ein Verfahren entwickelt, das es softwareseitig erlaubt, typische Anwendungsszenarien der Applikationen auszuführen und gleichzeitig den Stromverbrauch der Geräte auszumessen.

Eine typische Eigenschaft mobiler Endgeräte ist die Vielzahl verschiedener Applikationen mit ähnlichen Diensten, zwischen denen Nutzer wählen können. Darum wird untersucht, ob sich Testreihen zur Ermittlung des Energieverbrauches ähnlicher Anwendungen wiederverwenden lassen. So ist es beispielsweise vorstellbar, dass sich eine Testreihe von Anwendungsfällen um eine Email-Anwendung auszumessen für andere Email-Anwendungen wiederverwenden lässt. Deshalb wurde ein fünfstufiger Prozess zur Stromverbrauchsermittlung ähnlicher Anwendungen entwickelt (vgl. Abbildung 1). Zunächst werden Anwendungsfälle einer Anwendung (z.B. Email Abrufen, Lesen, Schreiben) abstrakt modelliert, in einem nachfolgenden zweiten Schritt werden diese dann an konkrete Aktionen für

---

<sup>1</sup><http://www.qualitune.org/>

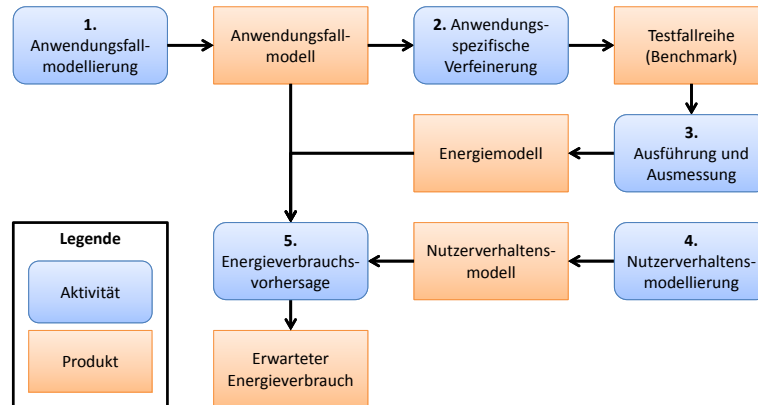


Abbildung 1: Prozess der Energieverbrauchserfassung mobiler Geräte.

eine zu testende Anwendung gebunden (z.B. „Klicke Button *Email verfassen*“). Derzeit wird hierfür untersucht, wie sich diese beiden Schritte, inklusive der Generierung des konkreten Testfallcodes durch Ansätze der modellgetriebenen Softwareentwicklung automatisieren lassen. Nach der Konkretisierung der Anwendungstests für eine konkrete Applikation werden diese auf dem mobilen Gerät ausgeführt und der verursachte Stromverbrauch durch eine entsprechende hardwareseitige Messinfrastruktur ermittelt. Die Messergebnisse werden in einem Energiemodell, welches das Anwendungsfallmodell um Verbrauchsinformationen für einzelne Aktivitäten erweitert, gespeichert. Neben der Ermittlung des Stromverbrauchs von Einzelanwendungsfällen soll in die Stromverbrauchsermittlung der Anwendungen ein statistisches Profil des Nutzerverhaltens einbezogen werden. Je nachdem wie oft ein Nutzer bestimmte Dienste einer Applikation nutzt, sollen diese in der Verbrauchsvorhersage stärker oder schwächer gewichtet werden. Deshalb wird in einem vierten Schritt das Nutzerverhalten durch statistische Erfassung während der normalen Nutzung des mobilen Geräts oder durch manuelle, selbstkritische Eingabe in den Prozess einbezogen. Dieser Schritt resultiert in einem Nutzerverhaltensmodell.

Durch eine Kombination des ermittelten Energieverbrauchs der einzelnen Dienste und des Nutzerverhaltensmodells, das die Dienste in Bezug auf ihre Häufigkeit im Betrieb gewichtet, lässt sich abschließend im fünften Schritt eine Aussage über das Verbrauchsverhalten der Anwendungen treffen. Durch Austausch des Nutzerprofils lässt sich diese Verbrauchsvorhersage einfach an verschiedene Benutzerprofile und -interessen anpassen. Der oben skizzierte Prozess wird derzeit implementiert und evaluiert. Ist die nutzerspezifische Energieverbrauchsvorhersage gelungen, soll darüber hinaus ein Konzept entwickelt werden, das es Nutzern erlaubt, nach passenden, energieoptimalen Anwendungen für ihre Bedürfnisse zu suchen. Vorstellbar ist hier ein sogenannter *App-Store*, der neben der einfachen Suche nach Applikationen eine Konfiguration des Nutzerverhalten zulässt (z.B. „Wie oft am Tag und werden Sie diese Anwendung nutzen?“) und die verfügbaren Anwendungen anhand dieser Einstellungen und ihres daraus abgeleiteten Energieverbrauchs wichtet.

### 3 Verwandte Arbeiten

Es existieren bereits einige Ansätze, die den Energieverbrauch von mobilen Geräten untersuchen bzw. versuchen, diesen vorherzusagen. Diese fokussieren in der Regel jedoch die Hardwarekomponenten der Geräte und lassen den Einfluss von Softwareanwendungen unberücksichtigt. In [CH10] wird ein Verfahren vorgestellt, um ein einzelnes Smartphone bezüglich seines Energieverbrauchs auszumessen und diesen statistisch auf seine einzelnen Hardwarekomponenten aufzuteilen. Dazu werden typische Anwendungsszenarien, wie das Abspielen von Musikdateien, das Senden von Emails oder das Durchführen von Telefonanrufen auf dem Smartphone durchgeführt. Im Gegensatz zu unserer Arbeit liegt der Fokus dabei auf der Untersuchung des Einflusses verschiedener Hardwarekomponenten und nicht der Analyse einzelner Softwareanwendungen. Kjærgaard und Bluck [KB11] schlagen ein Verfahren vor, das mit Hilfe eines genetischen Algorithmus ein mathematisches Modell für den Energieverbrauch eines Smartphones errechnet. Ihr Ansatz *PowerProf* führt dazu automatisiert mehrere Benchmarks auf dem Gerät aus, die verschiedene Hardwarekomponenten (z.B. CPU, Display-Beleuchtung, W-LAN) ansteuern und auslasten. Gleichzeitig wird der Stromverbrauch an der Batterie des Geräts über softwareseitige Schnittstellen ausgelesen. Im Gegensatz zu unserem Ansatz wird nur der Energieverbrauch einzelner Hardwarekomponenten erhoben. Der Einfluss einzelner Applikationen wird dagegen nicht berücksichtigt. Ein ähnlicher Ansatz wird auch von Zhao et al. [ZGFC11] vorgeschlagen. Der Stromverbrauch wird ebenfalls über die softwarebasierten Schnittstellen der Batterie ausgemessen. Aus dieser Information werden lineare Regressionsgleichungen abgeleitet, die den Energieverbrauch des Geräts anhand der Auslastung einzelner Hardwarekomponenten beschreiben. Auch Zhaos Ansatz unterstützt nur die Energieverbrauchsvorhersage anhand der Hardwareauslastung und bezieht den Einfluss einzelner Softwareanwendungen nicht in die Vorhersage ein. Rice und Hay stellen in [RH10] eine Messinfrastruktur vor, die dem für unsere Messungen vorgesehenen Ansatz sehr ähnlich ist. Über einen Testserver werden auf einem Android-basierten Smartphone Testfälle ausgeführt, parallel dazu wird der Stromverbrauch an der Batterie des Gerätes über externe Messhardware erfasst. Die Ergebnisse der Testläufe und die Messergebnisse werden anschließend zur Auswertung korreliert. Rice und Hay nutzen ihre Messinfrastruktur jedoch nicht zum Ausmessen von Softwareanwendungen sondern konzentrieren sich auf den Stromverbrauch für die Netzwerkkommunikation des Geräts.

Auch im Bereich der Energieverbrauchsuntersuchung klassischer PC-Anwendungen gibt es bereits einige Arbeiten. In der Arbeit von Rivoire [Riv08] wird ein Benchmark für Desktop-PCs, Server und Laptops vorgestellt, der den Energieverbrauch dieser Geräte anhand eines Sortierungs-Benchmarks ausmisst. Darüber hinaus wird auch ein Verfahren präsentiert um aus diesen Informationen den Energieverbrauch der Geräte abhängig von der Auslastung einzelner Hardwarekomponenten vorauszusagen (z.B. CPU- und Hauptspeicherauslastung). Im Gegensatz zu unserem Ansatz werden keine mobilen Geräte untersucht. Außerdem fokussiert der Ansatz das Ausmessen der Hardwarekomponenten wohingegen unser Ansatz versucht, den Einfluss einzelner Softwareanwendungen zu untersuchen. In [LL06] stellen Lafond et al. einen Ansatz vor, um den durchschnittlichen Stromverbrauch einzelner Programminstruktionen auf bestimmter PC-Hardware auszumessen.

Es wird eine große Teilmenge aller Java Bytecode-Instruktionen ausgemessen und gezeigt, dass sich daraus der durchschnittliche Energieverbrauch von Java-Anwendungen recht gut voraussagen lässt. Ein ähnlicher Ansatz wurde auch von Seo et al. entwickelt [SEMM08].

## 4 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde ein Ansatz vorgestellt, der es erlaubt, den Energieverbrauch mobiler Softwareapplikationen anhand eines Nutzerprofils vorherzusagen. Dazu wird ein Verfahren entwickelt, das Anwendungsfälle von Applikationen abstrakt modelliert und diese in einem zweiten Schritt in konkrete Testfälle für spezifische Anwendungen überführt. Die durch die Testausführung gewonnenen Energieverhaltensinformationen werden anschließend mit Nutzerprofilen korreliert um zu Energieverbrauchsvorhersagen zu kommen. Der Ansatz wird derzeit an der TU Dresden im Rahmen des QualiTune-Projekts umgesetzt.

## Danksagung

Diese Arbeit wird vom Europäischen Sozialfond (ESF) und dem Freistaat Sachsen im Forschungsprojekt ZESSY #080951806 gefördert.

## Literatur

- [CH10] A. Carroll und G. Heiser. An analysis of power consumption in a smartphone. In *Proceedings of the 2010 USENIX conference on USENIX annual technical conference*. USENIX Association, 2010.
- [KB11] Mikkel Baun Kjærgaard und Henrik Bluck. Unsupervised Power Profiling for Mobile Devices. In *The 8th Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services*, 2011.
- [LL06] Sébastien Lafond und Johan Lilius. An Energy Consumption Model for an Embedded Java Virtual Machine. In *Architecture of Computing Systems - ARCS 2006*, Jgg. 3894 of LNCS, Seiten 311–325. Springer, 2006.
- [RH10] A. Rice und S. Hay. Decomposing power measurements for mobile devices. In *IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, Seiten 70–78. IEEE, 2010.
- [Riv08] Suzanne Marion Rivoire. *Models and Metrics for Energy-Efficient Computer Systems*. Dissertation, Stanford University, 2008.
- [SEMM08] Chiyoung Seo, George Edwards, Sam Malek und Nenad Medvidovic. A Framework for Estimating the Impact of a Distributed Software System’s Architectural Style on its Energy Consumption. In *Proceedings of WICSA 2008*, Seiten 277–280. IEEE, 2008.
- [ZGFC11] X. Zhao, Y. Guo, Q. Feng und X. Chen. A System Context-Aware Approach for Battery Lifetime Prediction in Smart Phones. Seiten 641–646, 2011.

## Streaming Real-Time Stock Market Data to Web Browsers

Uwe Jugel, Thomas Heinze

SAP Research Dresden  
Chemnitzer Str. 48  
01187 Dresden

[uwe.jugel,thomas.heinze]@sap.com

**Abstract:** Visual analytics applications are still lacking good support for presenting real-time event data. They still rely on traditional bitmap transfer and heavy use of request-response communication. To better support visualization of streaming data on any device with a web browser, we introduce a flexible architecture, for optimal usage of event processing systems, web servers, and client-side rendering.

### 1 Towards Real-Time Event Stream Visualization

Today, the typical working space of a stock market trader holds many monitors with plenty of charts, showing real-time tick data, from all kinds of perspectives. Such systems are typically implemented using client-heavy applications working on copies of the actual data, using Java applets or similar desktop-client technologies [Ado09], and any real-time requirements are covered by hooking up to a strong network.

But with the mass adoption of smart mobile devices and with modern web technologies being rapidly implemented, as the HTML5 hype holds, paradigms are shifting. Client-side device capabilities have to be respected, slower networks supported, and server landscapes have to fulfill strong TCO-constraints. While a local stock exchange could just buy a few servers to deal with any performance issues, connecting a diverse mobile world at real-time to an Complex Event Processing (CEP) system, working on huge loads of data, needs a carefully designed systems to deal directly with such diversity challenges.

1. The systems has to reduce request-response overhead to provide smooth data flow on slower networks.
2. Huge data sets can't be preloaded for deep analysis on many devices. The system has to support interactive querying, thus the users can modify the event stream at run-time.
3. The system may provide different ways of visualizing data for different clients, using the most efficient web technology provided on each platform.

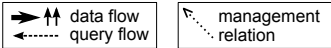


Figure 1: Elastic event-stream visualization architecture

- Reuse of user queries and event streams has to be dealt with on the web server (e.g., when generating JSON messages from the incoming data, to avoid redundant serialization)
- Reuse of event stream queries has to be dealt with in the actual query engine (e.g., to avoid duplicate aggregations in a CEP engine).

In this paper, we draft our solution to these challenges, verifying it with an financial trader application that we implemented on top of our architecture.

## 2 System Architecture for Visualizing Real-Time Event Data

Our concrete architecture is depicted in Figure 1. The system works on real stock market data, which is streamed into the event processing system. Driven by the Sybase streaming engine [Syb12], the event processing engine is able to scale with different load-scenarios, such as trading peaks in the morning and afternoon. The actual data requests are put to the CEP engine by web servers, implemented using Netty [Net12] for efficient backend-socket communication and Jetty for efficient, compatible client-socket (WebSocket [W3C12b]) communication. For web server to CEP communication we evaluated Google Protocol Buffers (GPB [Goo12]) to be a really efficient technology that provides easy (de)serialization and low bandwidth consumption.

All rendering is done on the device, using browser-based rendering technologies, such as d3.js [BOH11]. We do not send any bitmaps, only pure data, facilitating any imaginable kind of visual analytics task in an interactive chart. Figure 2 shows our trading application running without plugins in a common web browser.

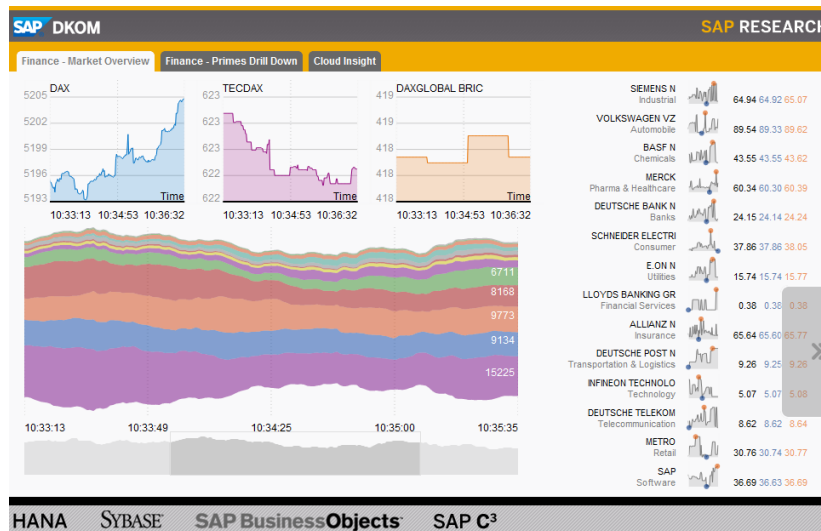


Figure 2: Client-heavy financial trading application for visualizing stock market data at real-time.

## 2.1 Managing Visualization-Related Queries

Every client connects to the system via several WebSockets, opening one or more client-channels. A Session Manager tracks each connection and all open channels, trying to reuse messages when clients request the same data. There is a big reuse potential, especially for live data, and since repetitive serialization makes up a significant part of the server load.

To detect potential reuse, we model all data stream modification requests as reusable queries, and compare them with existing ones. This allows the mapping of several client-channels to a single backend-channel. Without that approach we would have to open a unique backend-channel for each client-channel, which will impact server-side processing with redundant transport of identical messages and increased CPU load for serialization.

## 2.2 Lowering Costs Using Elastic CEP

Sybase' streaming engine [Syb12] manages the huge amount of stock data flowing into our system. The data does not fit easily into a database and has to be processed on demand.

Besides the basic query reuse at the web server, the CEP system provides additional optimizations regarding the queries posted by the web server. Each query is broken down into a chain operators that can be further analyzed, detecting redundant parts of the operator tree. Therefore, we developed a query optimization [JC08] component that plays well with the Sybase engine.

In addition, we are using an operator placement [LLS08] component, allowing an efficient

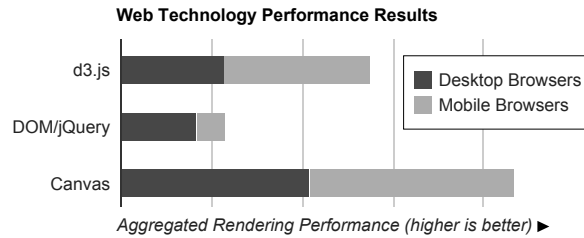


Figure 3: Performance summary for a simple treemap and barchart rendering test.

placement of operators across instances of the CEP engine (on different servers).

The combination of these techniques produces a highly efficient, distributed CEP system that can scale on demand, bringing up and down new CEP instances, to gracefully handle peak-load and still be cost efficient during idle times.

## 2.3 Efficient On-Device Rendering

The growing maturity of modern web technologies and their rapid implementation in all major web browser allows us to use pure HTML5 for building all kinds of interactive visualizations. For example, in the financial trader application we implemented drill-down scatter plots, dynamic treemaps, interactive flow charts, and several others. HTML5 allows us to flexibly build any kind of visualization our clients demand, bringing them to their device of choice, including tablets and mobile phones.

We had to consider between using Canvas-based techniques [W3C12a] vs. using DOM-manipulation techniques, evaluating several common frameworks and techniques. Therefore, we implemented a simple benchmark, continuously rendering and animating a treemap and a barchart. The result (see Figure 3<sup>1</sup>) showed that DOM-based techniques such as d3.js [BOH11] can easily compete with Canvas-based rendering, and we decided to use d3.js for our financial trader application, pairing good performance with easy access to rich DOM-events.

The UI is pure HTML/JavaScript, and allows configuring different views for different screen sizes for various devices, e.g., on tablets we do not show all charts and navigation options. Since all device detection is deferred to the client and all data channels are set up on demand, we achieved a strong separation of concerns. All layout, view-selection, and navigation code runs on the client and the backend is used as simple data source, not having to consider any client side rendering issues.

<sup>1</sup>**Attention:** We did not consider all kinds of errors that may occur with such micro-benchmarks, but the numbers fit to the subjectively perceived smoothness of the rendering.



### 3 Conclusion and Outlook

Our system tackles the named challenges (see Section 1). Using WebSockets, we eliminated HTTP request/response overhead (1). Still, data-streams modified on demand, by sending queries through the WebSocket connections to the server (2). We detect devices and adapt views and layout in our pure HTML5/JavaScript client (3), and finally, the CEP backend and the web server leverage query reuse, query optimization, and operator placement to provide a highly-scalable, elastic foundation (4) for real-time event data visualization.

We are currently adding support for event histories to the system. On client-side we can leverage HTML5 features such as localStorage, allowing users to immediately see the last state of their application. For in-depth analysis of bigger event history data sets in the backend, SAP's new in-memory database[SAP12] is an high-performing solution that we are currently connecting to the system as additional (event) data source. This will allow us to create visualizations of live event data and combine it with related historical data, giving the users more insight into the monitored systems.

### References

- [Ado09] Adobe Systems Inc. The NASDAQ Stock Market, Inc. 2009. Adobe Air ROI Case Study, <http://www.adobe.com/showcase/casestudies/nasdaqomx/casestudy.pdf>.
- [BOH11] Michael Bostock, Vadim Ogievetsky, and Jeffrey Heer. D3: Data-Driven Documents. *IEEE Trans. Visualization & Comp. Graphics (Proc. InfoVis)*, 2011. <http://mbostock.github.com/d3>.
- [Goo12] Google Inc. Protocol Buffers. 2012. <http://code.google.com/apis/protocolbuffers>.
- [JC08] C. Jin and J. Carbonell. Predicate indexing for incremental multi-query optimization. *Foundations of Intelligent Systems*, pages 339–350, 2008.
- [LLS08] G.T. Lakshmanan, Y. Li, and R. Strom. Placement strategies for internet-scale data stream systems. *Internet Computing, IEEE*, 12(6):50–60, 2008.
- [Net12] The Netty Project. Netty, an asynchronous event-driven network application framework. 2012. <http://netty.io>.
- [SAP12] SAP AG. In-Memory Technology - Computing - Platform — SAP HANA. 2012. <http://www.sap.com/hana>.
- [Syb12] Sybase Inc. Sybase Aleri Event Stream Processor. 2012. <http://www.sybase.com/products/financialservicessolutions/complex-event-processing>.
- [W3C12a] The W3C Consortium. HTML5 Canvas Specification. 2012. <http://dev.w3.org/html5/spec/Overview.html#the-canvas-element>.
- [W3C12b] The W3C Consortium. The WebSocket API. 2012. <http://dev.w3.org/html5/websockets>.

## Innovationspotenzial validieren: Anwendungsgebiete für die 3D-Plattform Bildsprache LiveLab

Dietrich Kammer<sup>1</sup>, Romy Müller<sup>1</sup>, Jan Wojdziak<sup>1</sup>, Martin Zavesky<sup>1</sup>, Pascal Weyprecht<sup>1</sup>,  
Frank Schönefeld<sup>2</sup>, Rainer Groh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Professur für Mediengestaltung  
Technische Universität Dresden  
01062 Dresden  
dietrich.kammer@tu-dresden.de

<sup>2</sup>T-Systems Multimedia Solutions GmbH  
Riesaer Straße 5  
01129 Dresden  
frank.schoenefeld@t-systems.com

**Abstract:** Bildsprache LiveLab (BiLL) ist ein Anwendungssystem, das die Visualisierung dreidimensionaler Welten in Echtzeit erlaubt. Der Benutzer kann dabei nicht nur den Inhalt, sondern auch die Art und Eigenschaften der Darstellung virtueller Szenen verändern. BiLL wird zu Forschungszwecken im Bereich der 3D-Interfacegestaltung entwickelt und dient als Plattform für analytische Untersuchungen im Bereich der Interfacegestaltung und der Kognitionspsychologie. Im Rahmen der Förderrichtlinie „Validierung des Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung werden die Leistungsfähigkeit des Demonstrators BiLL validiert und hinsichtlich unterschiedlicher Anwendungsgebiete optimiert. Dieser Beitrag skizziert das Vorgehen und die Inhalte dieses Validierungsvorhabens.

### 1 Einleitung

Die Darstellung virtueller dreidimensionaler Umgebungen gewinnt in der Mensch-Computer-Interaktion und Interfacegestaltung immer mehr an Bedeutung. In zahlreichen Kontexten werden mittlerweile 3D-Darstellungen als grafische Schnittstelle zwischen Anwender und Computer eingesetzt [1], [2]. Gleichzeitig sind die Nutzererwartungen an die Qualität der Darstellungen stark gestiegen. Die bislang existierenden Methoden und Techniken für den Entwurf von 3D-Benutzerschnittstellen sind jedoch nicht kontextübergreifend verwendbar, sondern auf die Bedürfnisse bestimmter und oftmals sehr spezifischer Anwendungsdomänen zugeschnitten, beispielsweise die Fabrikplanung und -automatisierung. Im Gegensatz zu 2D-Benutzerschnittstellen, in denen Gestaltungsregeln und Normen erfolgreich umgesetzt werden, sind existierende Gestaltungshinweise und Maßgaben im Interfacedesign interaktiver 3D-Anwendungen bisher überwiegend deskriptiv und nicht in einem ausreichenden Konkretisierungsgrad etabliert [3], [4]. Mit dem System „Bildsprache LiveLab (BiLL)“ wurde an der Professur für Mediengestaltung der TU Dresden eine Software geschaffen, die es ermöglicht, in interaktiven 3D-Umgebungen eine flexible und gleichzeitig parametrisierte Anpassung des Visualisierungsprozesses in Echtzeit vorzunehmen [5]. Dabei soll BiLL vor allem eine Anpassung der Visualisierungen an menschliche Sehgewohnheiten im Kontext der Erwartungshaltung des Anwenders sowie seiner Aufgaben und Ziele ermöglichen [6]. Das System wurde zunächst für die eigene Forschung an der Schnittstelle von Kognitionspsychologie

und Informatik geschaffen, die zum Beispiel durch die Nachwuchsforschergruppe „Cognitive Interface Technology“ (CogITo) aktiv vorangetrieben wird<sup>1</sup>. Mit Hilfe der Förderrichtlinie „Validierung des Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unterliegt BiLL einer Weiterentwicklung, damit die Software auch außerhalb des universitären Forschungsumfeldes in kontextübergreifenden Anwendungsbereichen wie Produktdesign, Architektur und Medienindustrie eingesetzt werden kann (siehe Abbildung 1).

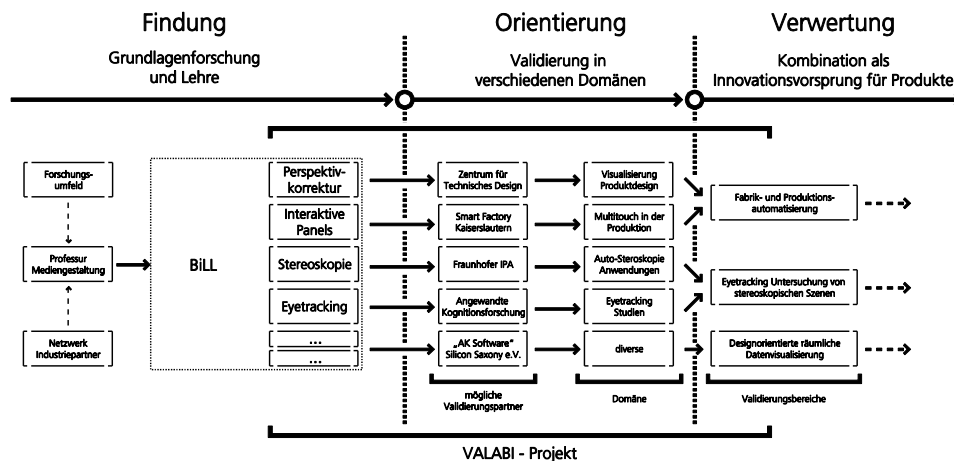


Abbildung 1: Vorgehen des Validierungsvorhabens

## 2 Vorgehen zur Optimierung und Validierung

Jede Validierung setzt eine detaillierte Analyse der Anforderungen an das System voraus. Daher wurde ein Anforderungsprofil erstellt, das sämtliche Kriterien umfasst, denen BiLL genügen soll. Um eine stetige Weiterentwicklung des komponentenorientierten Systems zu unterstützen, wurde dabei nicht nur auf die Bedürfnisse der Nutzer, sondern auch die der Entwickler fokussiert. Aktuell wird überprüft, inwiefern BiLL diesen Anforderungen genügt und anhand dieser Ergebnisse wird die Leistungs- und Funktionalitätsoptimierung des Systems vorangetrieben. Neben diesem eher zielorientierten Vorgehen soll auch auf bereits erfolgte Entwicklungen zurückgegriffen werden. Daher geht ein zweiter Validierungsschritt vom aktuellen Stand des Systems aus. Es wird analysiert, durch welche strukturellen Veränderungen die Komponentenerstellung auf Entwicklerseite und das Interaktionsdesign für den Anwender verbessert werden kann. Zur Erhebung dieser Daten wurde einerseits ein Fragebogen erstellt und an alle aktuellen und früheren Nutzer ausgehändigt. Andererseits werden im Zuge ausführlicher Funktionstests Probleme und Verbesserungspotentiale der Anwendung identifiziert.

Trotz eines sorgfältigen Vorgehens können Nutzbarkeit und Anforderungen technischer Systeme nur begrenzt theoretisch und im Rahmen interner Funktionstests erschlossen werden. Eine anwendungsorientierte Prüfung und Weiterentwicklung erfordert den

<sup>1</sup> <http://www.medienservice.sachsen.de/medien/news/161315>

unmittelbaren Bezug zum Endanwender. Zu diesem Zweck wurden drei Validierungsbereiche ausgewählt, anhand derer BiLL im Rahmen des aktuellen Projekts einem Praxistest unterzogen wird (siehe Abbildung 1). Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse soll das System zielgerichtet weiterentwickelt werden. Unterstützt wird das Vorhaben durch die Einbindung von Validierungspartnern und Transferschnittstellen. Dabei handelt es sich sowohl um Experten der einzelnen Anwendungsbereiche, als auch um Institutionen, die Kompetenzen und Know-how zum Transfer wissenschaftlicher Ergebnisse in die Wirtschaft besitzen. Hier sind exemplarisch das Patentinformationszentrum der TU Dresden und *dresden exists*<sup>2</sup> als Teil der Bundesweiten EXIST-Initiative zu nennen. Des Weiteren unterstützt ein erfahrener „Innovationsmentor“ aus der Wirtschaft das Validierungsvorhaben.

### 3 Validierungsbereiche

Die drei Validierungsbereiche bilden Anwendungsgebiete, die auf unterschiedliche Weise durch BiLL unterstützt werden können. Dabei werden Forschungsergebnisse im Bereich der Bildsprache validiert und für den jeweiligen Anwendungskontext spezifiziert.

#### 3.1 Eyetracking-Studien bei stereoskopischer Projektion

Eine Messung von Blickbewegungen in stereoskopischen Darstellungen ist ein vielversprechendes, aber technisch hoch anspruchsvolles und daher bisher kaum erforschtes Gebiet [7]. Mit dem Ziel, BiLL als Plattform für stereoskopische Eyetracking-Experimente zu nutzen, muss die Schnittstelle zur Eyetracking-Hardware besondere Anforderungen erfüllen: Blickdaten müssen nicht nur aufgezeichnet und mit den Objekten der Szene in Bezug gesetzt werden, sondern auch die Bildsynthese kann anhand der vom Eyetracker gemessenen Augenparameter angepasst werden. Weiterhin sollte die Erstellung von Experimenten erleichtert werden, um die Eyetracking-Schnittstelle auch für Anwender ohne Programmiererfahrungen nutzbar zu machen. Mit dieser Funktionalität ergibt sich perspektivisch eine Marktrelevanz für Forscher und Anwender, die zum Beispiel im Usability-Bereich oder im Unterhaltungssektor tätig sind.

Die im Rahmen der Forschungsaktivität zum Bildsprache LiveLab entwickelte Schnittstelle *Argos* (vgl. [8]) ermöglicht die Anbindung eines Eyetrackers inklusive einer Echtzeitauswertung von Blickdaten, die bei der Interaktion mit virtuellen Szenen einbezogen werden können. Da die gemessenen Blickbewegungen mit den Objekten in einer Szene und den Handlungen des Betrachters in Bezug gesetzt werden können, wird eine ganzheitliche Erfassung des Explorationsverhaltens unterstützt. Bisher erfolgt die Datenerhebung in Bezug zum planen Ausgabegerät. Im Rahmen des Projektes wird die Schnittstelle jedoch für eine Erfassung von Blickdaten im virtuellen Raum erweitert. Weiterhin wird ein GUI-basierter Experiment Builder entwickelt, der es dem Nutzer erlaubt, stereoskopische Eyetracking-Experimente selbst zu erstellen und genau

---

<sup>2</sup> <http://www.dresden-exists.de/>

diejenigen Daten zu extrahieren, welche für die jeweilige Fragestellung benötigt werden. Dabei soll Argos verschiedene Möglichkeiten zur Visualisierung von Blickdaten in der Szene anbieten.

### 3.2 Fabrikautomatisierung

In der Fabrik- und Produktionsautomatisierung sind 3D-Modelle vorhandener Abläufe ein wichtiges Hilfsmittel zur Planung, Simulation und Optimierung. Das Potential von BiLL im Rahmen dieses Validierungskomplexes liegt vor allem in der Unterstützung einer benutzerfreundlichen Interaktion mit dem 3D-Modell: dem Nutzer soll es ermöglicht werden, die Szene aus verschiedenen Ansichten zu betrachten und auf natürliche, für ihn verständliche Weise in sie einzugreifen. Dazu werden die bereits vorhandenen BiLL-Module zur gleichzeitigen Visualisierung mehrerer koordinierter Sichten und zur Unterstützung von Multitouch-Interaktion herangezogen.

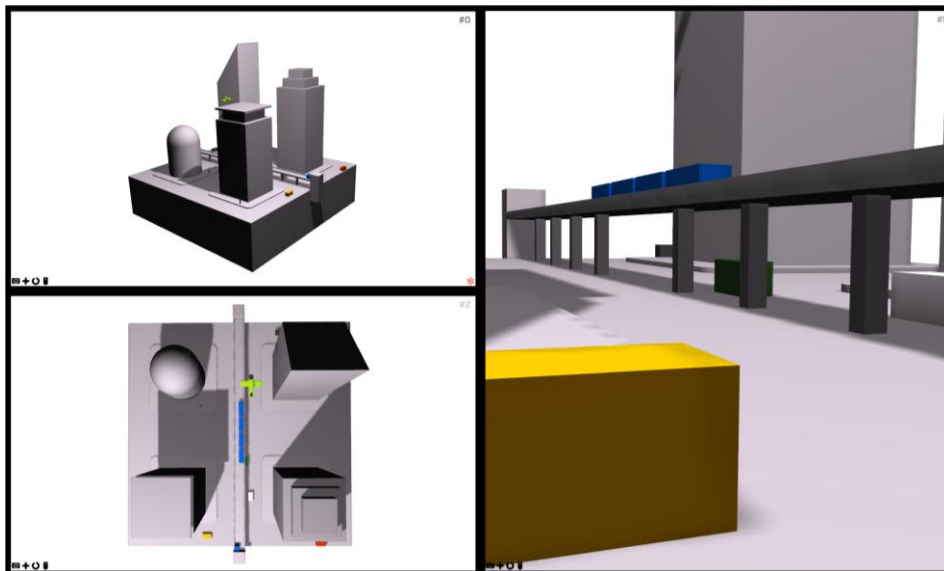


Abbildung 2: Kombinierte Sichten können in BiLL über Modifikatoren in Abhängigkeit zueinander gesetzt werden.

Eine Darstellung multipler, koordinierter Visualisierungen zur strukturierten Betrachtung räumlicher Szenen ermöglicht es zum Beispiel, Prozesse in einer Fabrik zu überwachen und zu optimieren [9]. Das derzeit vorliegende Plug-In für kombinierte Sichten erlaubt neben einer flexiblen und individuellen Kopplung von Sichten auch die interaktive Manipulation ihrer Größe und Anordnung (siehe Abbildung 2). Vor allem bei hohem Komplexitätsgrad der visuellen Umgebung erleichtern multiple Sichten dadurch das Erfassen und Verarbeiten von Informationen [10], [11]. Im zweiten Validierungsaspekt zur Fabrikplanung soll die Multitouch-Schnittstelle so angepasst werden, dass eine einfache, gestenbasierte Interaktion mit der Fabrikvisualisierung möglich wird. Dadurch wird eine einfach zugängliche Schnittstelle für kollaborative Planungs- und Optimie-

ungsszenarien geboten, die Nutzer mit unterschiedlichem Fachwissen und Computerkenntnissen einbezieht (vgl. [12]).

### 3.3 Designorientierte räumliche Datenvisualisierung

Durch die zunehmende Nutzung von virtuellen Datenmodellen im Entwurfsprozess erweisen sich Projektionsverzerrungen in zentralperspektivischen Abbildungen auch für Designer und Gestalter als problematisch [13]. Um einen Designprozess anhand virtueller Modelle durchführen zu können, ist die reine Zentralprojektion nicht ausreichend, da perspektivische Verzerrungen die Abbildung von Modellen beeinträchtigen. Defizite bei der 3D-Darstellung von Produktdaten entstehen dadurch, dass mathematische Visualisierungsalgorithmen aus der Computergrafik nur von der Optik des Fotoapparates ausgehen und menschliche Sehgewohnheiten außer acht lassen.

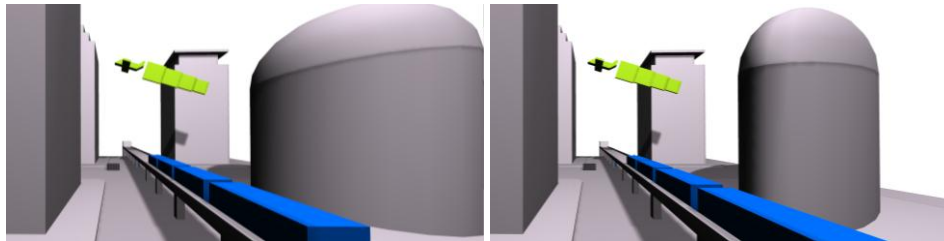


Abbildung 3: Keine Perspektivkorrektur (links) und selektive Perspektivkorrektur (rechts).

Werden jedoch psychologische Mechanismen der Perzeption visueller Informationen nicht berücksichtigt, so büßen 3D-Darstellungen nicht nur an Ausdruckskraft ein, sondern können für den Betrachter sogar fehlerhaft erscheinen [14]. Verschiedene BiLL-Module zur wahrnehmungsrealistischen Darstellung werden auf ihr Anwendungspotential zur Verbesserung von Produktvisualisierungen überprüft. Besonderer Fokus wird dabei auf die bereits vorhandenen Erweiterungen zur Perspektivkorrektur gelegt. Diese erlauben eine selektive Reduktion projektionsbedingter Verzerrungen, wie sie vor allem im Randbereich von 3D-Darstellungen für den Betrachter sichtbar werden (siehe Abbildung 3). Diese Korrektur kann sowohl kamerabasiert, als auch auf der Basis von Geometrieänderungen einzelner Objekte durchgeführt werden. Eine weitere Möglichkeit zur wahrnehmungsrealistischen Visualisierung ergibt sich in der Unterstützung von Tiefenwahrnehmung. Das BiLL-Modul zur Farbperspektive ermöglicht eine Betonung räumlicher Distanz durch die Anpassung der Objektfarbe. Entsprechend der menschlichen Sehgewohnheiten (atmosphärische Perspektive) werden weit entfernt gelegene Objekte blau eingefärbt [15]. Auf diese Weise kann die Tiefenwirkung räumlicher virtueller Szenen verbessert werden.

## 3 Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Beitrag zeigt die praktische Vorgehensweise bei der Validierung von Ergebnissen der Grundlagenforschung für einen Verwertungskontext auf. Durch die Einbindung relevanter Validierungspartner und Domänenexperten in den genannten Bereichen wird

eine anwendungsnahe und praxisrelevante Weiterentwicklung des BiLL-Systems erreicht. Im Erfolgsfall kann BiLL in diesen und vielen anderen Anwendungsbereichen kommerzialisiert werden, die auf die Visualisierung räumlicher Daten angewiesen sind. Zu diesem Zweck ist im Anschluss an das Validierungsprojekt eine Kooperation mit Partnern aus der Wirtschaft angedacht. Alternativ kann die wirtschaftliche Verwertung über eine Ausgründung erfolgen.

## Literaturverzeichnis

- [1] H. Doleisch, "SIMVIS: interactive visual analysis of large and time-dependent 3D simulation data," in Proceedings of the 39th conference on Winter simulation: 40 years! The best is yet to come, 2007, pp. 712–720.
- [2] A. Cedilnik, B. Geveci, K. Moreland, J. Ahrens, and J. Favre, "Remote large data visualization in the paraview framework," Proceedings of the Eurographics Parallel Graphics and Visualization, pp. 162–170, 2006.
- [3] B. Shneiderman, "Why not make interfaces better than 3D reality?," Computer Graphics and Applications, IEEE, vol. 23, no. 6, pp. 12–15, 2003.
- [4] D. A. Bowman, J. Chen, C. A. Wingrave, J. Lucas, A. Ray, N. F. Polys, Q. Li, Y. Haciahetoglu, J. S. Kim, S. Kim, R. Boehringer, and T. Ni, "New directions in 3D user interfaces," The International Journal of Virtual Reality, vol. 5, no. 2, pp. 3–14, 2006.
- [5] D. Kammer, J. Wojdziak, T. Ebner, I. S. Franke, and R. Groh, "A component-oriented framework for experimental computer graphics," Computer Standards & Interfaces, vol. 34, no. 1, pp. 93 – 100, 2012.
- [6] J. Wojdziak, D. Kammer, I. S. Franke, and R. Groh, "BiLL: An Interactive Computer System for Visual Analytics," in EICS 2011 Proceedings of the ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems, Pisa, Italy, 2011.
- [7] S. Weber, S. Pannasch, J. R. Helmert, and B. M. Velichkovsky, "Eye tracking in virtual 3D environments: Challenges and directions of future research," in Paper presented at the 16th European Conference on Eye Movements, Marseille, France, 2011.
- [8] F. Ilbring, "Argos - Entwicklung einer erweiterbaren Schnittstellenarchitektur zur effizienten Anbindung eines Eye-Tracking-Systems an das Bildsprache LiveLab," Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Dresden, 2010.
- [9] M. Starke, J. Wojdziak, M. Zavesky, and R. Groh, "Interactive Panels - A tool for structured three-dimensional scene exploration and visualisation," in 3D-NordOst 2011 14. Anwendungsbezogener Workshop zur Erfassung, Modellierung, Verarbeitung und Auswertung von 3D-Daten, L. Paul, G. Stanke, and M. Pochanke, Eds. Berlin: Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V. - GfAI e. V., 2011, pp. 67–75.
- [10] C. L. North and B. Shneiderman, "A taxonomy of multiple window coordinations," Technical Report, Dept of Computer Science. University of Maryland, USA, 1997.
- [11] M. Q. Wang Baldonado, A. Woodruff, and A. Kuchinsky, "Guidelines for using multiple views in information visualization," in Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces - AVI '00, Palermo, Italy, 2000, pp. 110–119.
- [12] M. Dürr and M. Lickefett, "In virtuellen Räumen real planen: IPA-Planungstisch bekommt neue Multitouch-Oberfläche - mit einem Klick in die Cave," wt Werkstattstechnik online, vol. 100, no. 6, pp. 541–544, 2010.
- [13] M. Zavesky, J. Wojdziak, I. S. Franke, M. Linke, F. Peter, and R. Groh, "Mut zur Lücke – Zur Umsetzung von spezifischen Algorithmen für Designer," in 4. Symposium Technisches Design – Kosten und Nutzen, 2010.
- [14] I. S. Franke, S. Pannasch, J. R. Helmert, R. Rieger, R. Groh, and B. M. Velichkovsky, "Towards attention-centered interfaces," ACM Trans. Multimedia Comput. Commun. Appl., vol. 4, no. 3, pp. 1–13, Jul. 2008.
- [15] I. S. Franke and R. Groh, "Colour Perspective in context of Navigation through Virtual Worlds an article on theoretical basics of interface design," in Proceedings of The Virtual 2006 - Designing Digital Experience, Stockholm, Rosenön, 2006, vol. 4 / 2007.